

DL4Health

Deep Learning for Health

www.dl4health.it



UNIONE EUROPEA



REPUBBLICA ITALIANA



REGIONE SICILIANA



Linea di finanziamento

P.O. FESR SICILIA 2014/2020

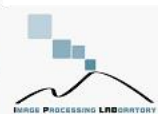
Obiettivo Tematico 1 – Ricerca, Sviluppo Tecnologico e Innovazione

Obiettivo specifico 1.1 - Incremento dell'attività di innovazione delle imprese

Azione 1.1.5 - Sostegno all'avanzamento tecnologico delle imprese attraverso il finanziamento di linee pilota e azioni di validazione precoce dei prodotti e di dimostrazione su larga scala



NextraConsulting



UNIVERSITÀ
degli STUDI
di CATANIA

Progetto

Il progetto ha l'obiettivo di mettere a disposizione del personale sanitario un sistema sperimentale per individuare, attraverso l'utilizzo di algoritmi di Machine Learning, i percorsi più idonei per la cura del paziente

1. Analisi del Contesto

Questa fase lo scopo di effettuare una ricognizione delle informazioni cliniche e delle tecnologie disponibili nel contesto di sperimentazione, col fine di produrre uno schema completo relativo alla situazione dei diversi ambiti che hanno impatto sulla progettazione, sviluppo e sperimentazione del sistema.

2. Ristrutturazione multimediale del dato

La fase ha lo scopo di definire in maniera adeguata le politiche di attraversamento trasversale di tutti i set di dati individuati all'interno dell'azienda ospedaliera superando l'eterogeneità tipica di un contesto healthcare all'interno del quale si vogliono coniugare tutte le dimensioni operative, da quella clinica, a quella sanitaria, a quella organizzativa, fino a quella economica

3. Progettazione del sistema

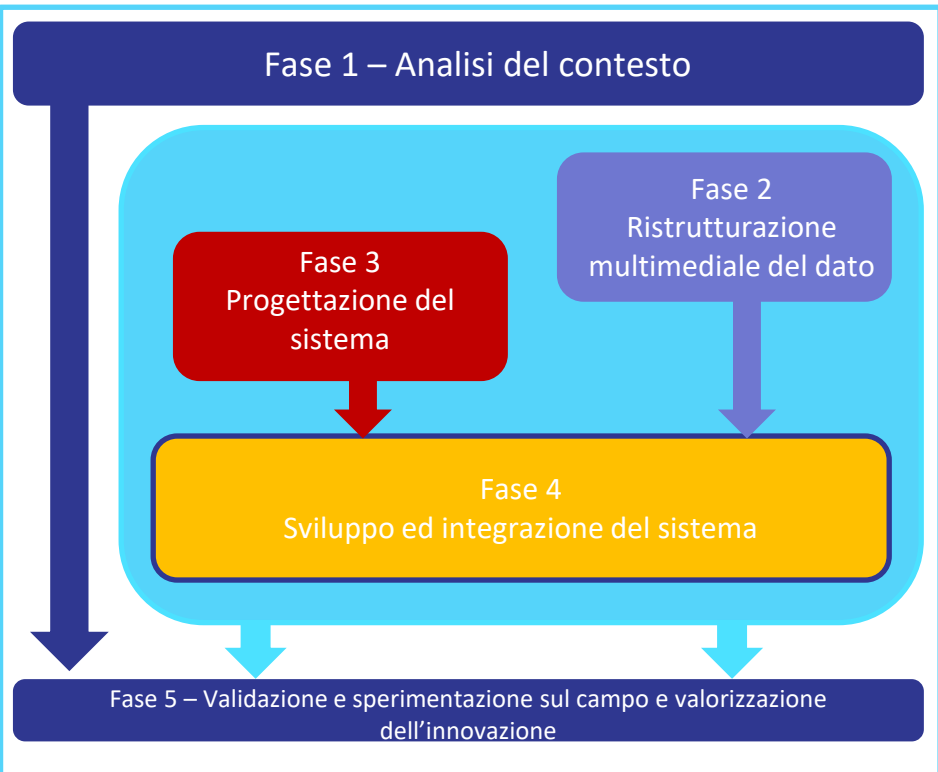
Obiettivo di questa fase è produrre una progettazione completa di tutti gli aspetti del sistema, da quelli generali di architettura e di ambiente di esecuzione a quelli di dettaglio tecnici e funzionali, passando per gli aspetti di usabilità e quelli di integrazione con le fonti di dati disponibili.

4. Sviluppo ed integrazione del sistema

La fase ha l'obiettivo di realizzare e rendere operativa la versione prototipale del sistema, che sarà poi utilizzata nella fase di sperimentazione e validazione. Tenendo conto anche dell'analisi previsionale di impatto economico-sociale ed ambientale, saranno implementate le varie parti del sistema, dai servizi di back-end all'interfaccia utente, dagli algoritmi di Machine Learning alle interfacce con le basi di dati da integrare, e saranno ottimizzati i modelli di acquisizione dei dati in uso presso il contesto di sperimentazione

5. Validazione e Sperimentazione sul campo e valorizzazione dell'innovazione

Obiettivo della fase è quello di mettere in funzione il sistema sviluppato e di utilizzarlo per validarne il funzionamento e le potenzialità, facendo uso di protocolli di validazione e test oggetto di definizione e di valorizzare l'innovazione realizzata.



Progetto

Partners

I nostri partners di progetto



Quipo Srl

Società a responsabilità limitata

Sede legale - Catania, Via Asiago
38, 95127



Net Service Srl

Società a responsabilità limitata

Sede legale - Catania, Corso Italia
172, 95129



Delisa Srl

Società a responsabilità limitata

Sede legale - Palermo, Via Giuseppe
Crispi 120, 90145



Aucta Cognito Srl

Società a responsabilità limitata

Sede legale - Catania, Via Giuseppe
Fava 75, 95123



Nextra Consulting

Ditta Individuale

Sede legale - Palermo, Via Giuseppe Sciuti 81/B,
90144



Università
di Catania

Università degli studi di Catania

Altra forma non societaria

Sede legale - Catania, Piazza Università 2, 95131



CERID

Ricerca Innovazione
e Diffusione della Conoscenza

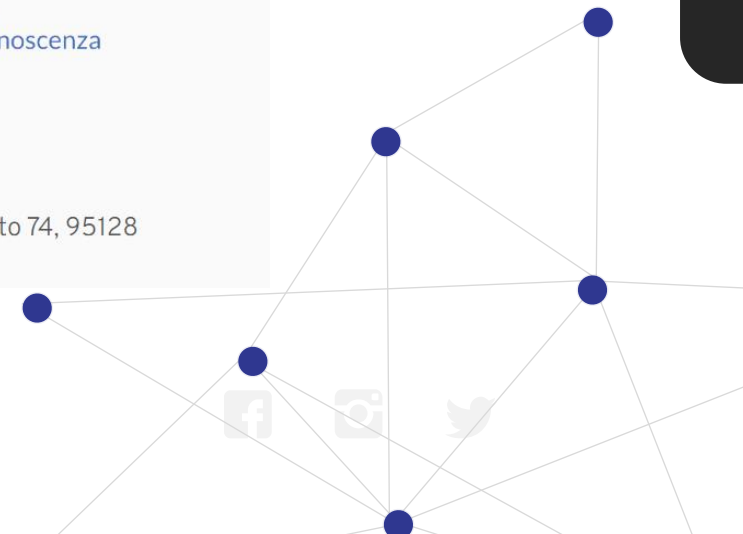
Cerid

Società cooperativa sociale

Sede legale - Catania, Via Monserrato 74, 95128



UNIVERSITÀ
degli STUDI
di CATANIA



Progetto

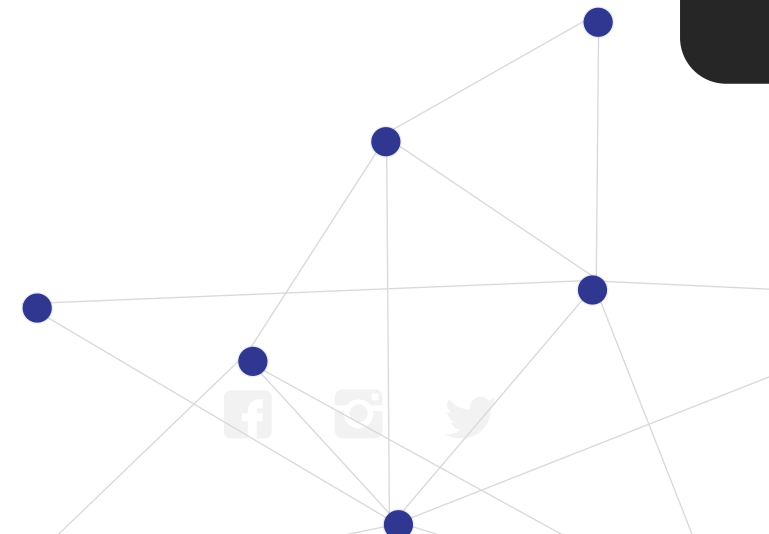
Una premessa fondamentale è data dal fatto che l'intelligenza artificiale ha bisogno di **tre** elementi per funzionare:

- **algoritmi sofisticati;**
- **grandi quantità di dati;**
- **computer potenti e una buona infrastruttura IT.**

Nonostante il gran parlare di Big Data e Open Data, la **scarsità di dati** è uno dei problemi principali e questo progetto lo ha subito.



UNIVERSITÀ
degli STUDI
di CATANIA



Progetto

COVID

Richiesta dati

Start 12/12/2019

End prorogata 23/06/2023

End prevista 11/12/2021

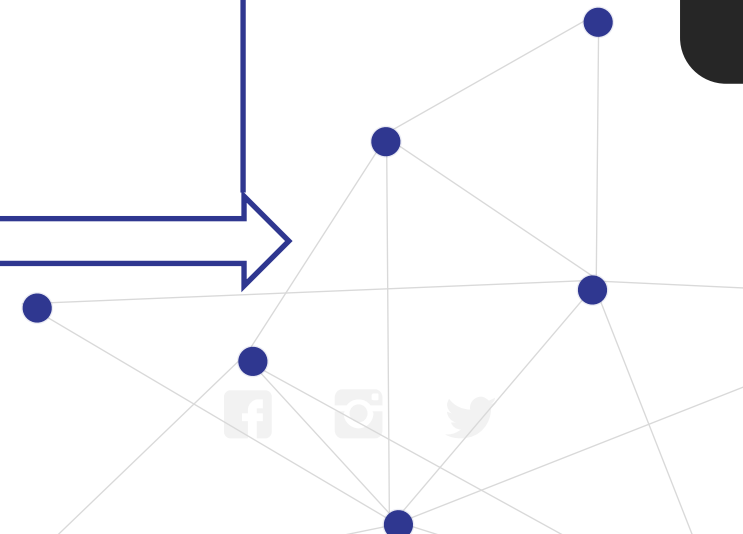
Analisi del contesto

Analisi multimediale dei dati

Progettazione del sistema

Sviluppo ed integrazione del sistema

Validazione



FASE 1- Analisi del Contesto

FASE 1

Denominazione Fase:

Analisi del Contesto

Tipo:

Attività Ricerca Industriale

Soggetto Responsabile:

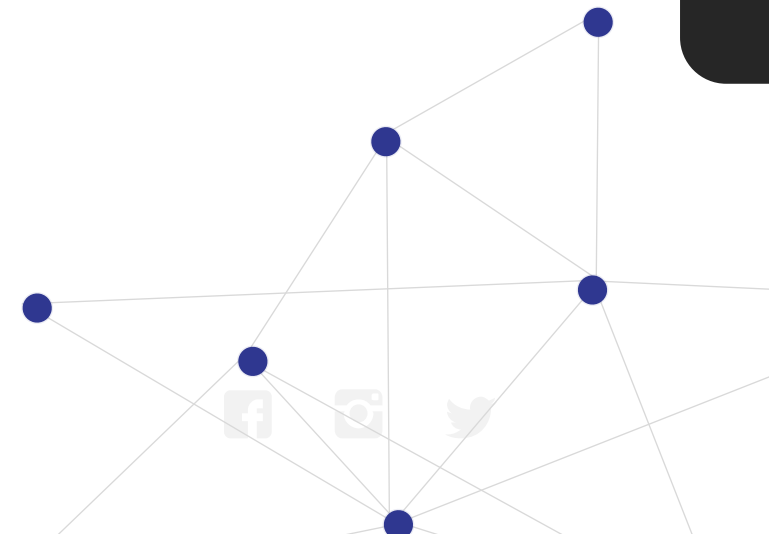
Delisa

Altri soggetti impegnati:

Quipo, Net Service, Aucta Cognitio, Università degli Studi di Catania, CERID



UNIVERSITÀ
degli STUDI
di CATANIA



FASE 1- Analisi del Contesto

A Supporto del Personale Sanitario



nel processo decisionale e diagnostico



Deep Learning



UNIVERSITÀ
degli STUDI
di CATANIA



NextraConsulting

FASE 1- Analisi del Contesto

Tipologia di Dati che «Alimentano il Sistema»

Cartella Clinica Informatizzata

Flussi C

Banche Dati

Flusso SDAO

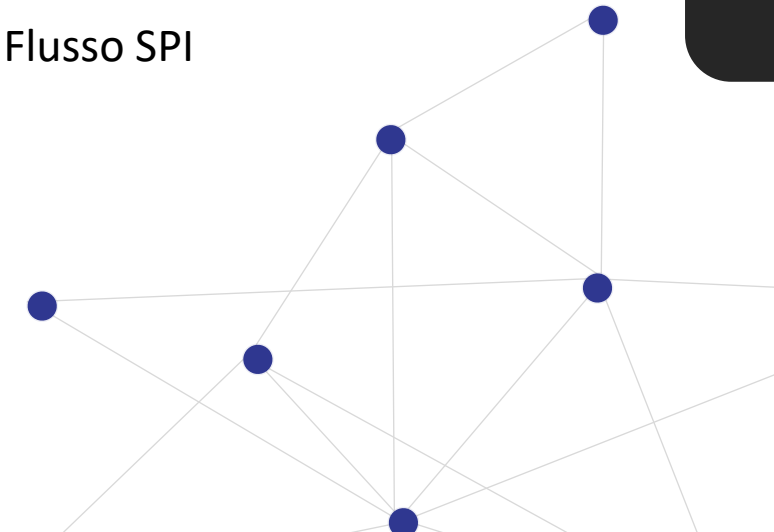


Flusso Emur

Flusso SDO

Documenti Digitalizzati

Flusso SPI



UNIVERSITÀ
degli STUDI
di CATANIA

FASE 1- Analisi del Contesto

Tipologia di Dati che «Alimentano il Sistema»

Dati strutturati



Sono informazioni di tipo **numerico** o che comunque appartengono a un **range chiuso di variabili**

Quantitativi

Data warehouse e **database relazionali**

Formati predeterminati

Dati non strutturati

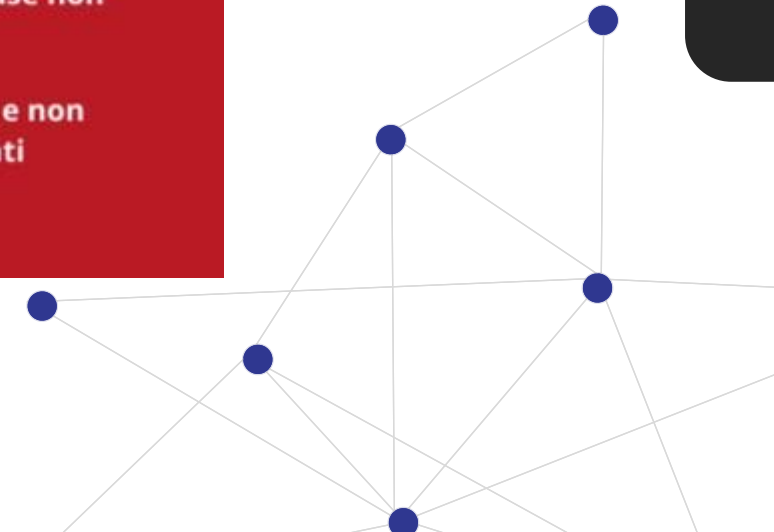


Sono informazioni prevalentemente di tipo **testuale** e configurati in un modo difficile da analizzare

Qualitativi

Data lakes e **database non relazionali**

Formati variegati e non predeterminati



UNIVERSITÀ
degli STUDI
di CATANIA

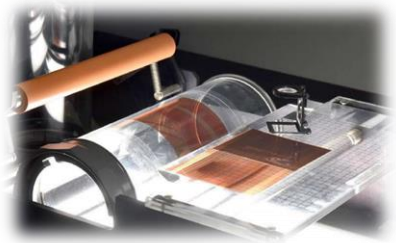
FASE 1- Analisi del Contesto

Dati da Digitalizzare

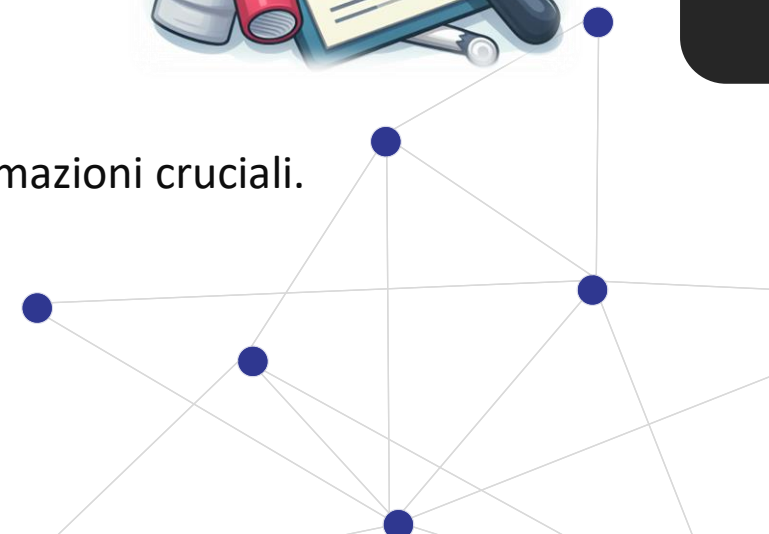


Per decenni, preziosi dati sanitari sono rimasti intrappolati nel mondo cartaceo

Identificare i dati mancanti di una rappresentazione digitale per renderli fruibili al sistema.



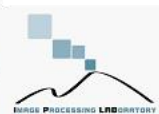
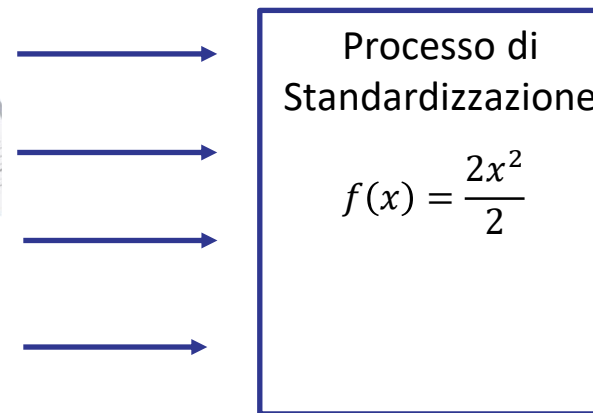
La digitalizzazione è essenziale per rendere accessibili le informazioni cruciali.



FASE 1- Analisi del Contesto

Normalizzazione dei Dati Non strutturati

Secondo Gartner, i dati non strutturati rappresentano ormai l'80% del patrimonio informativo aziendale (Fonte Datamation 2018).



UNIVERSITÀ
degli STUDI
di CATANIA

FASE 1- Analisi del Contesto

Dati Digitalizzati disponibili all'Analisi

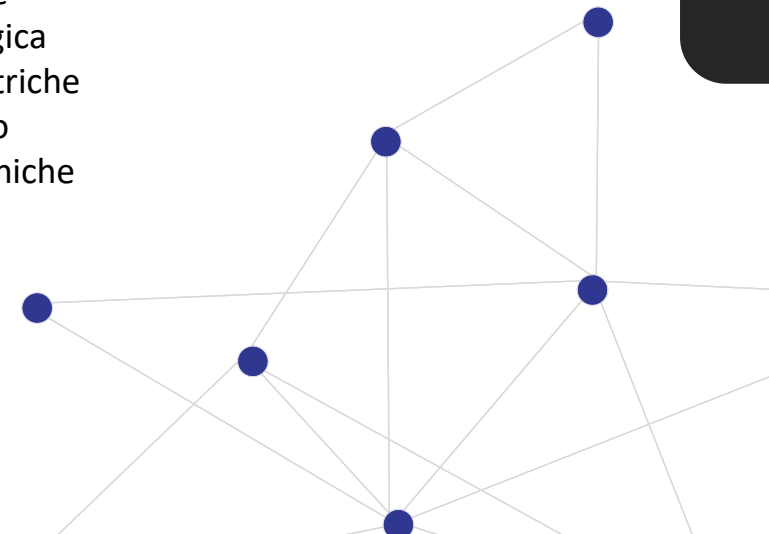
Dati da flussi sanitari



Cartella Clinica Informatizzata

- Flusso Emur
- Flusso C
- Flusso SPI
- Flusso SDO
- Flusso SDAO
- Flusso RAD
- Flusso F
- Flusso T

- Inquadramento clinico iniziale
- Anamnesi
- Esame obiettivo
- Diario clinico
- Schede Nutrizionale
- Terapia Farmacologica
- Rilevazioni parametriche
- Referti a vario titolo
- Sperimentazioni cliniche
- Verbali Operatori
- Etc..



FASE 1- Analisi del Contesto

PRIVACY

Conformità alle Normative sulla Privacy

- Rispetto delle normative sulla privacy locali e delle leggi vigenti.
- Consenso informato: assicurare che i pazienti siano pienamente consapevoli di come vengono utilizzati i loro dati e abbiano dato il loro consenso
- Accesso controllato ai dati:
 - Limitato al personale autorizzato.
 - Adozione di misure di sicurezza per proteggere l'accesso non autorizzato.



Implicazioni e Migliori Pratiche

- Equilibrio tra accesso ai dati necessari per la cura del paziente e per lo sviluppo scientifico e protezione della privacy dei pazienti nel contesto del FSE
- Protezione dei dati sensibili: garantire che solo persone autorizzate possano accedere ai dati sanitari.



UNIVERSITÀ
degli STUDI
di CATANIA



NextraConsulting

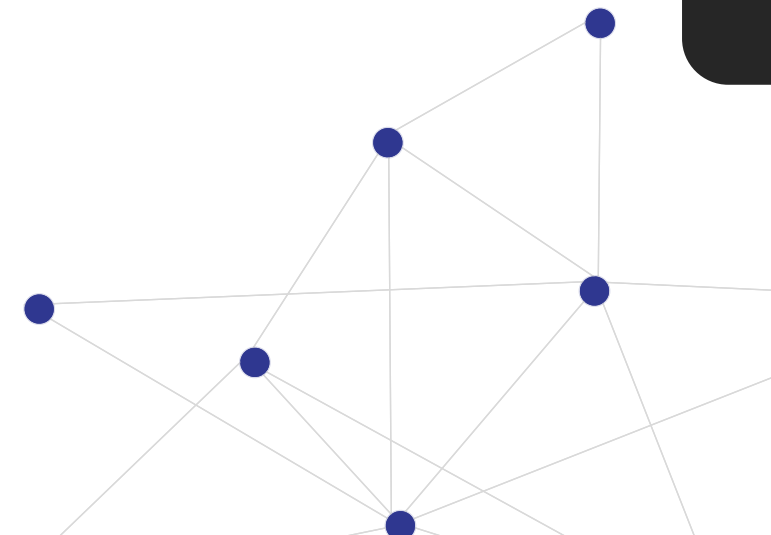
FASE 1- Analisi del Contesto

Azioni Proattive per il mantenimento della privacy



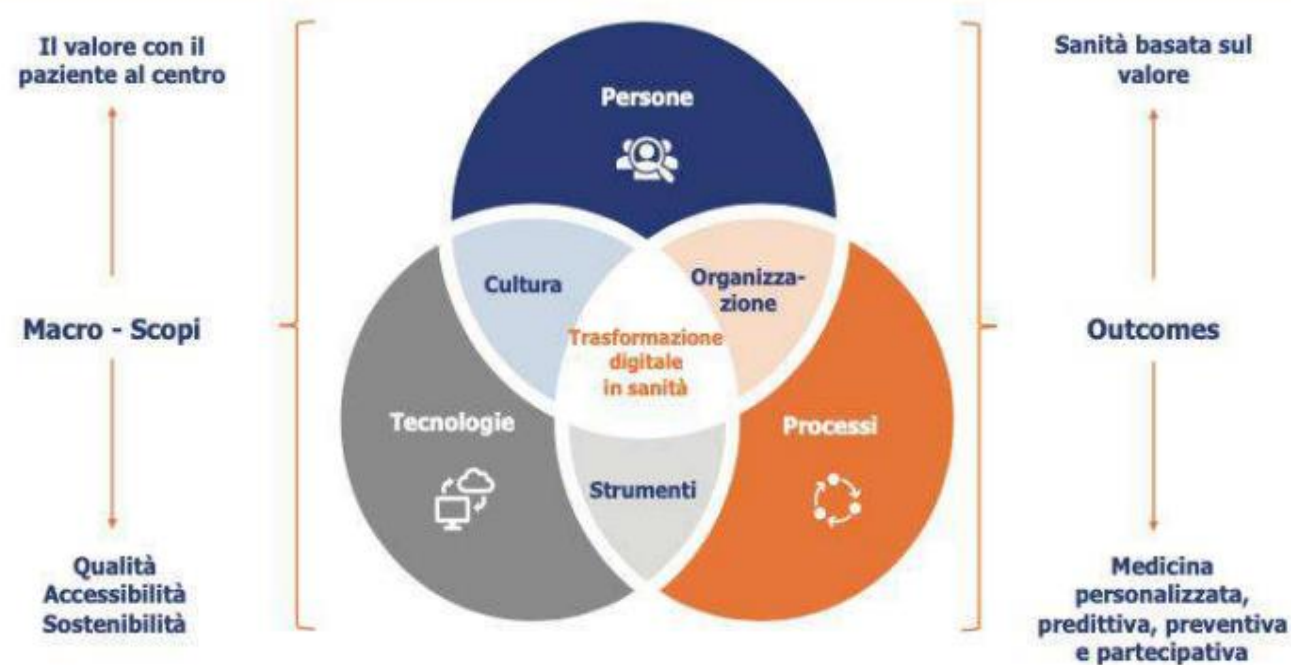
Anonimizzazione dei dati sensibili:

- Rimozione dei nomi e cognomi.
- Modifica delle date di nascita per nascondere il giorno.
- Utilizzo della funzione hash per proteggere il codice fiscale e garantire la privacy.
- Interconnessione dei flussi di dati tramite il codice fiscale codificato.
- Liste di Controllo: implementare meccanismi per controllare chi può accedere a quali parti dei dati e con quali autorizzazioni.



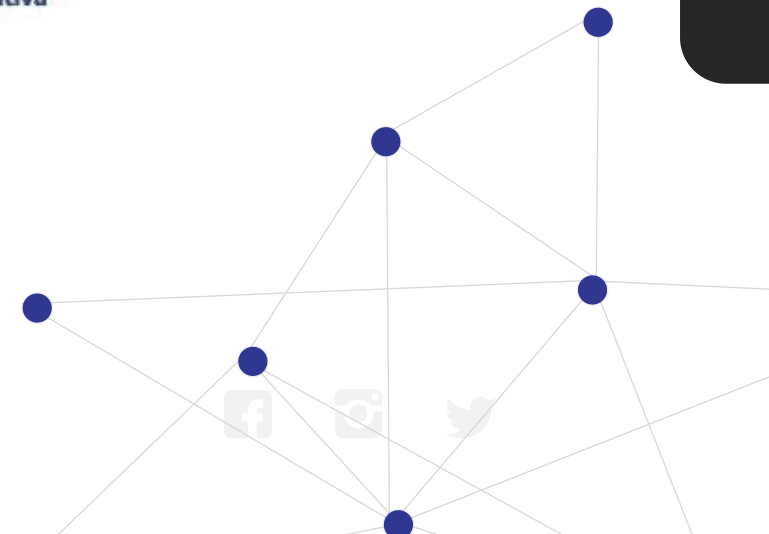
FASE 1- Analisi del Contesto

Analisi dei Pillars dell'ecosistema e mappatura degli stakeholders



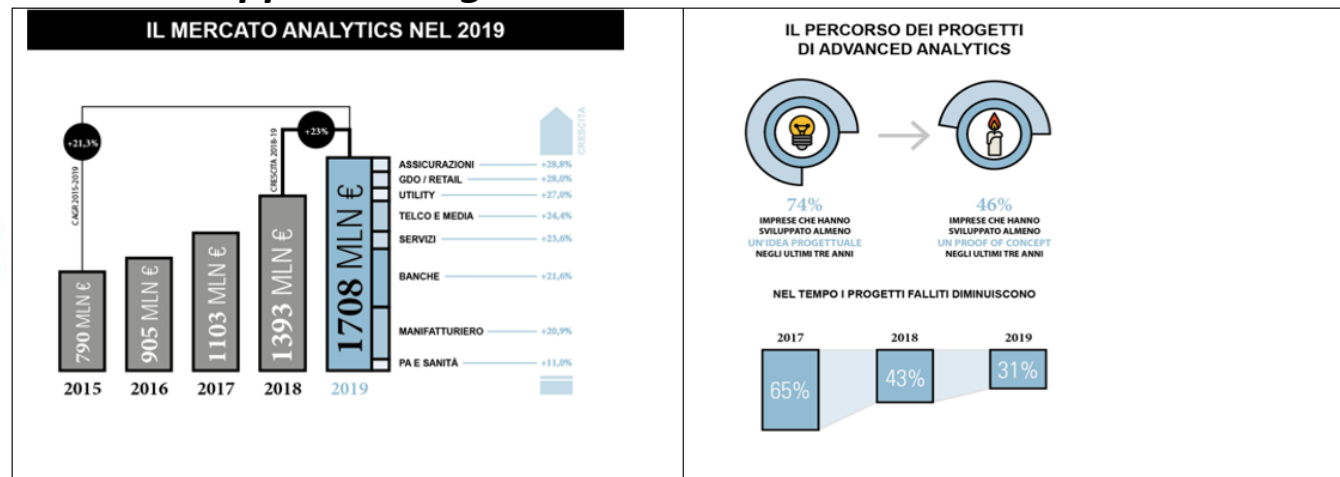
Contesto Globale della Salute

- **Driver che influenzano questa trasformazione:**
- l'invecchiamento della popolazione,
- l'urbanizzazione
- Aumento delle malattie non trasmissibili
- Progresso scientifico digitalizzazione dei servizi sanitari.



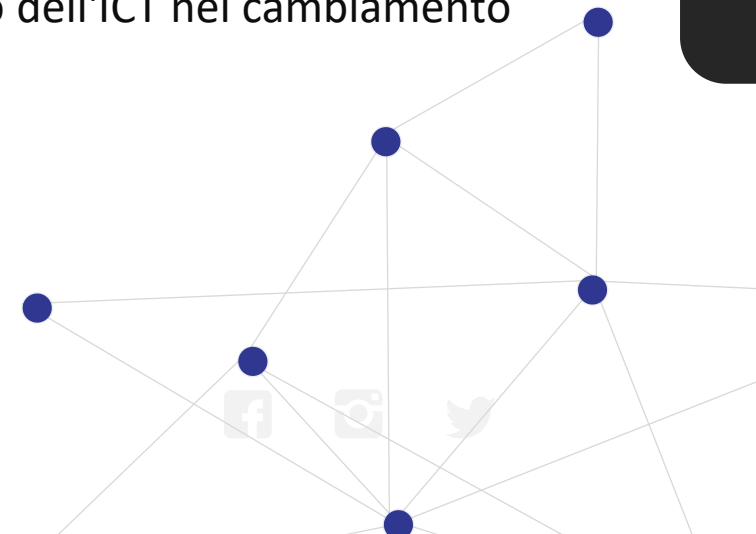
FASE 1- Analisi del Contesto

Analisi dei Pillars dell'ecosistema e mappatura degli stakeholders



Digital Transformation e Impatto sulla Sanità

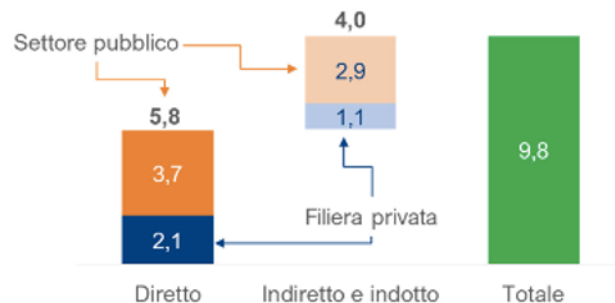
- Intelligenza artificiale e big data.
- Potenziale innovativo e tecnologico dell'ICT nel cambiamento



FASE 1- Analisi del Contesto

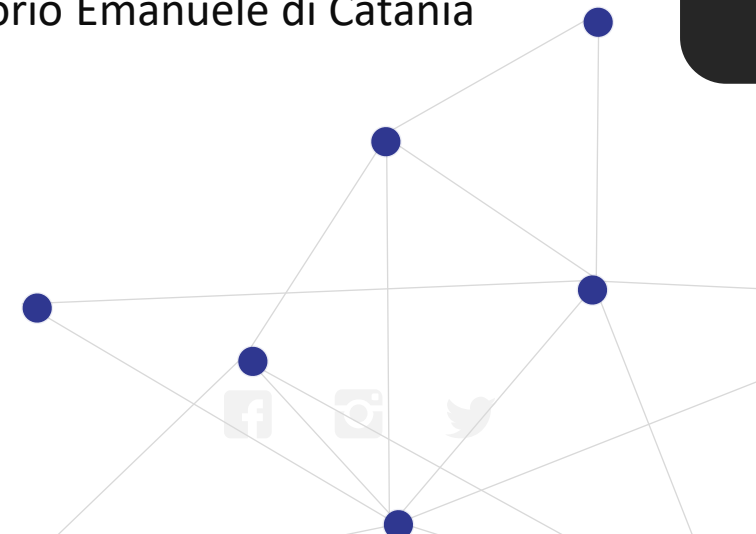
Analisi dei Pillars dell'ecosistema e mappatura degli stakeholders

- Ecosistema salute della Regione Siciliana e Identificazione dei fattori ambientali chiave (pilastri) che influenzano la realizzazione e la gestione dei progetti sanitari



L'ecosistema della salute vale l'11,2% del PIL regionale

- Stakeholders chiave nel contesto regionale: sperimentazione prototipale nel reparto di Emato-Oncologia Pediatrica dell'A.O.U. Policlinico-Vittorio Emanuele di Catania



FASE 2- Ristrutturazione multimediale dei dati

FASE 1

Denominazione Fase:

Analisi del Contesto

Tipo:

Attività Ricerca Industriale

Soggetto Responsabile:

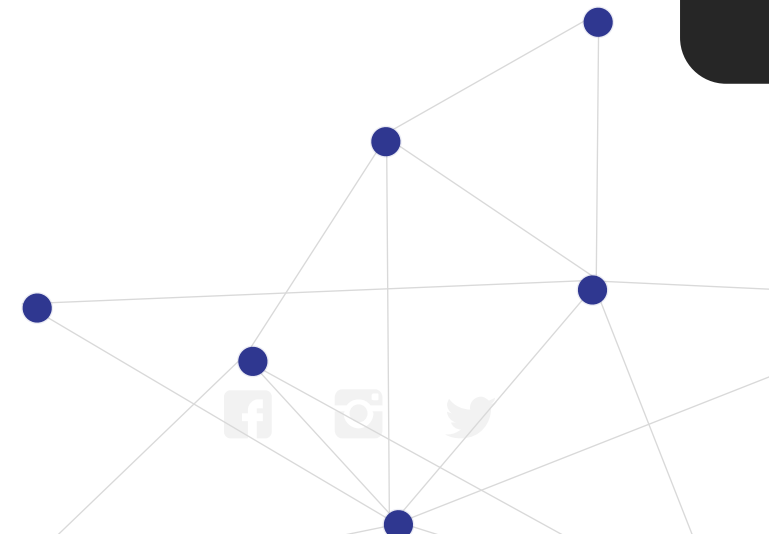
Aucta Cognito

Altri soggetti impegnati:

Quipo, Nextra Consulting, Università degli Studi di Catania



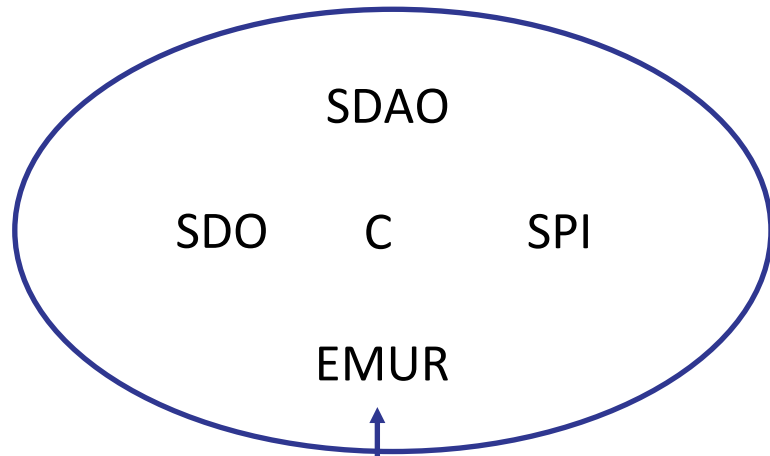
UNIVERSITÀ
degli STUDI
di CATANIA



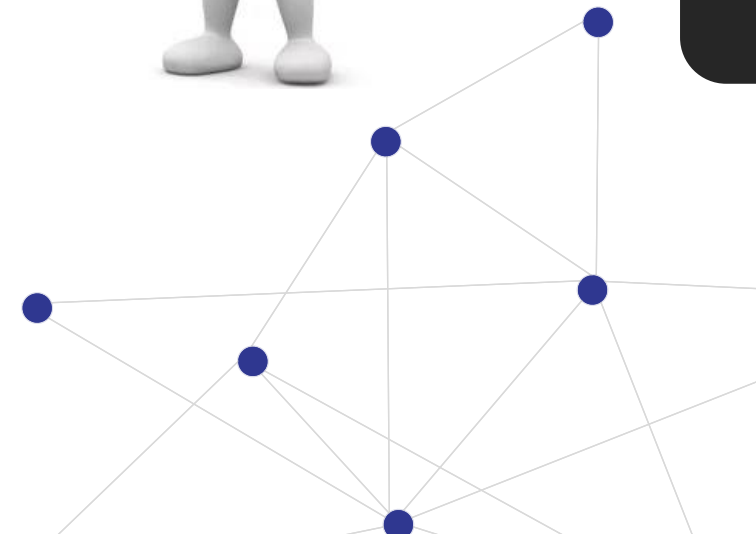
FASE 2- Ristrutturazione multimediale dei dati

Dati utilizzati

Flussi ospedalieri forniti dal Policlinico di Catania



Rendiamo il dato intelligente



UNIVERSITÀ degli STUDI di CATANIA



FASE 2- Ristrutturazione multimediale dei dati

Problemi da gestire

1. Sorgenti eterogenee per ogni flusso

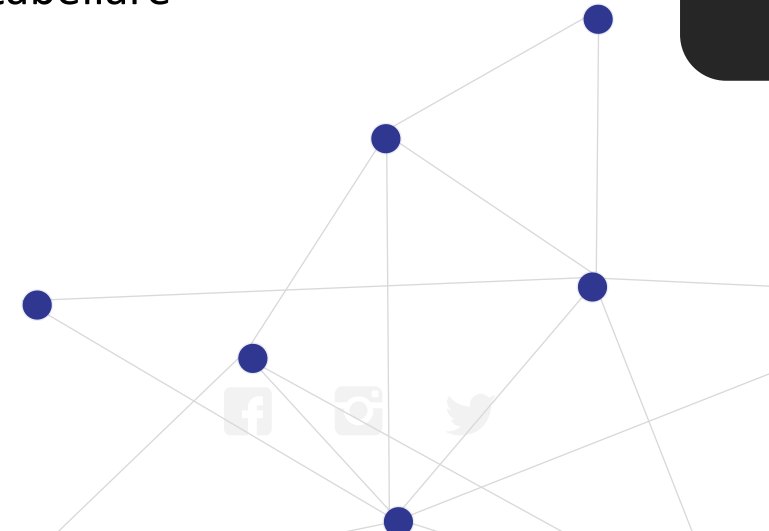


- **Dato scritto** interamente su un'unica riga del file
- **Campi identificati** attraverso una **posizione di inizio e fine** presente nei **disciplinari tecnici**.
- Formato **quasi dismesso**

- **Dato rappresentato** attraverso TAG-VALORE
- **Dato ben strutturato**

```
<info>  
  <generated> now() </generated>  
  <title> Example XML file </title>  
</info>
```

- **Dato rappresentato** in formato tabellare

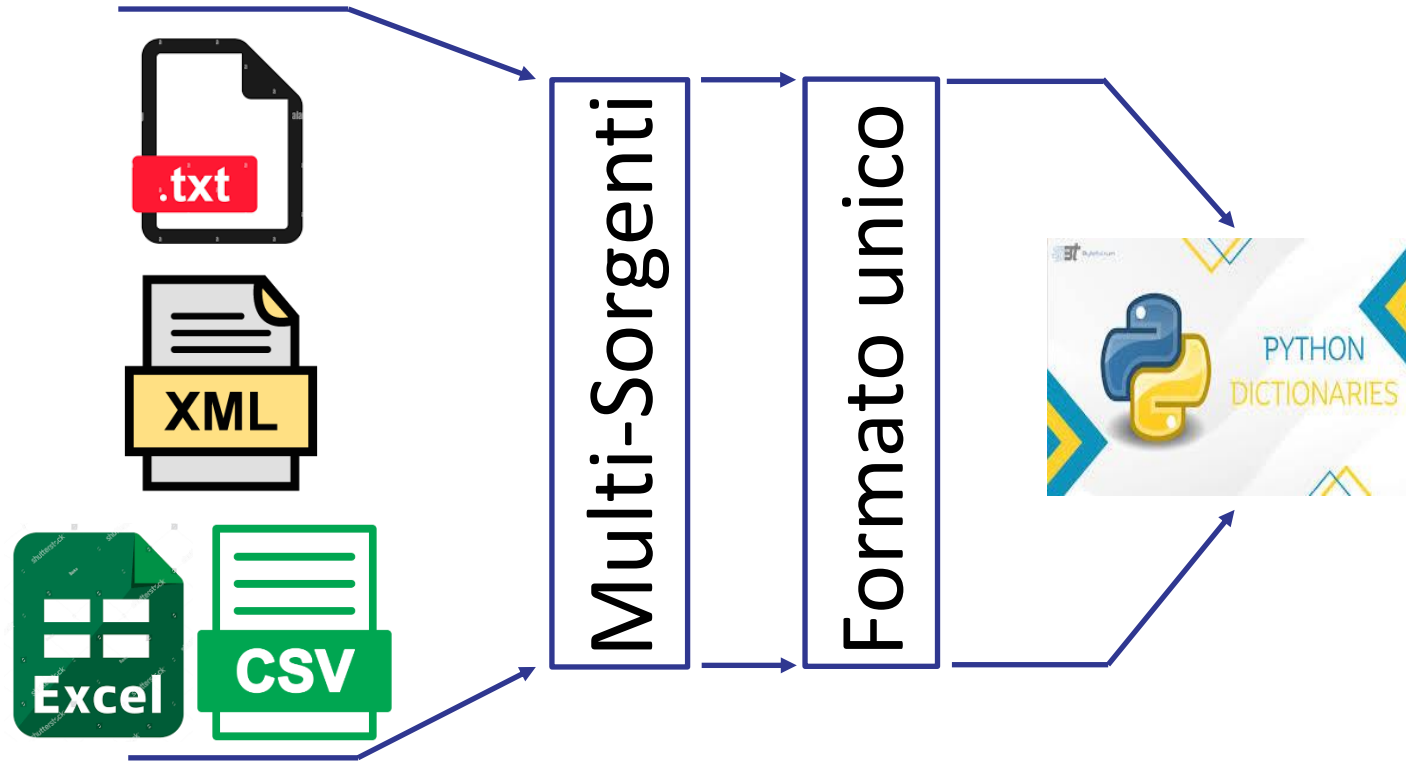


FASE 2- Ristrutturazione multimediale dei dati

Problemi da gestire

1. Sorgenti eterogenee per ogni flusso

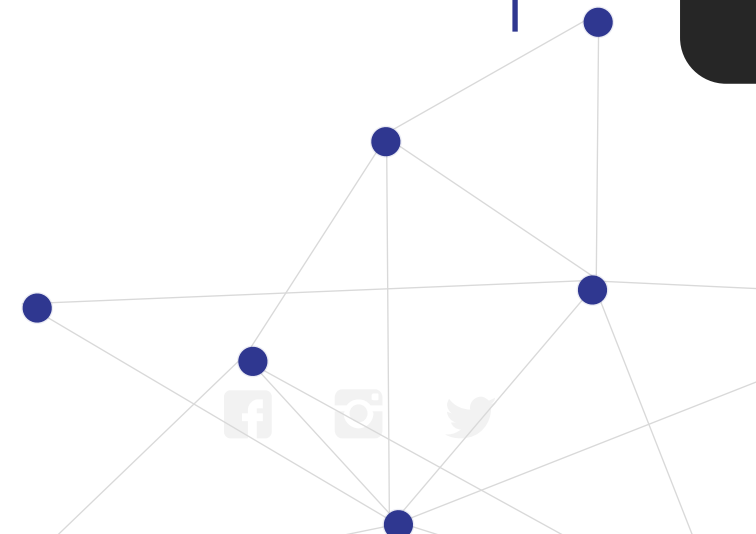
Soluzione: Armonizzazione



Siamo solo all'inizio



0

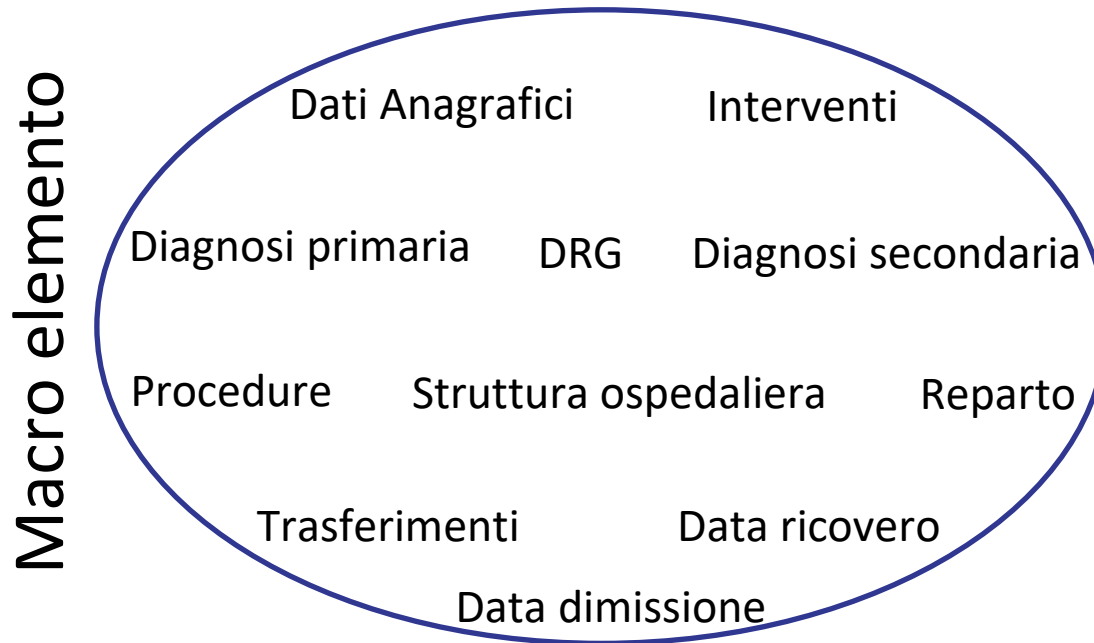


FASE 2- Ristrutturazione multimediale dei dati

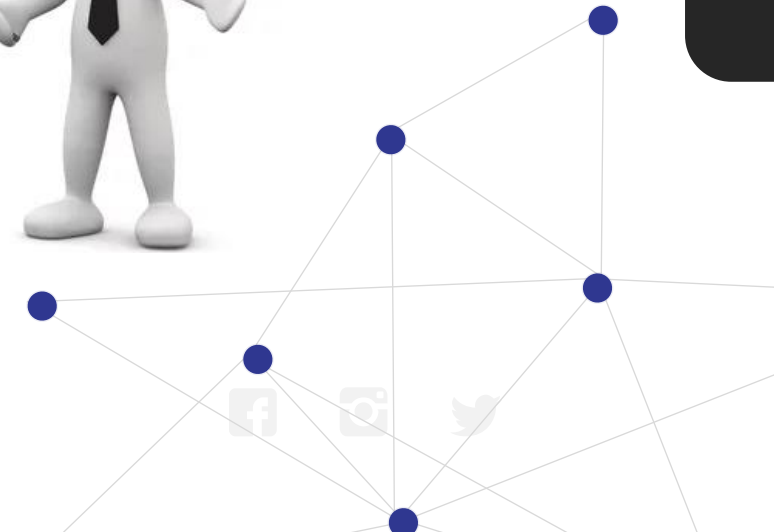
Problemi da gestire

2. Informazioni in un unico macro elemento

Esempio: Flusso SDO (ricovero a lunga degenza)



Un singolo macro elemento non si adatta bene agli algoritmi di AI



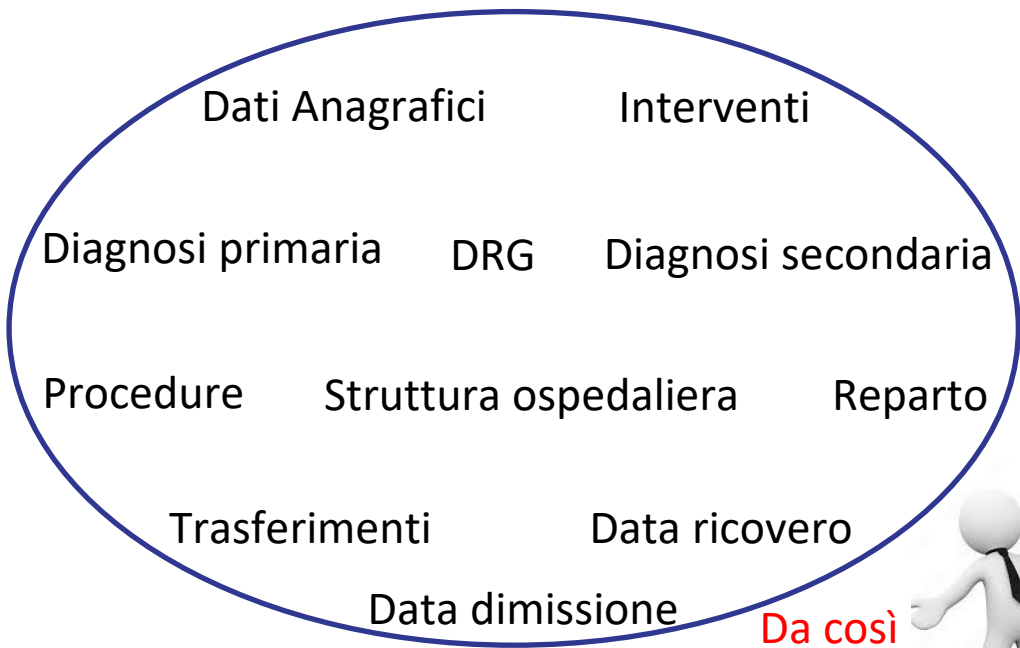
FASE 2- Ristrutturazione multimediale dei dati

Problemi da gestire

2. Informazioni in un unico macro elemento

Soluzione: ristrutturazione dato per **aree** e **base tempo**

Macro elemento



Da così

Aree: da macro elemento a multi elementi

Dati Anagrafici

Interventi

DRG

Diagnosi primaria

Procedure

Diagnosi secondaria

Trasferimenti

Tempo: da macro elemento a multi elementi

Data ricovero

Data dimissione



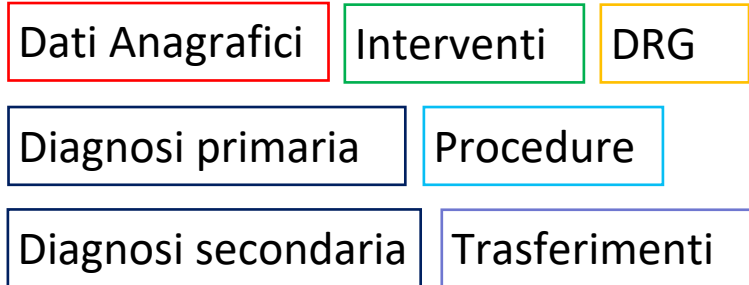
FASE 2- Ristrutturazione multimediale dei dati

Problemi da gestire

2. Informazioni in un unico macro elemento

Soluzione: ristrutturazione dato per **aree** e **base tempo**

Aree: da macro elemento a multi elementi



La suddivisione di un singolo macro oggetto in molteplici micro oggetti, permette di esplorare ed attraversare i dati in maniera veloce ed efficiente

Tempo: da macro elemento a multi elementi



La suddivisione basata sul tempo permette di comprendere, per esempio, la diffusione di malattie in un ben preciso periodo (caso COVID 19)



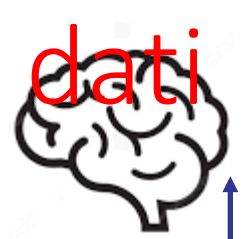
FASE 2- Ristrutturazione multimediale dei dati

Problemi da gestire

3. mancanza di una normalizzazione sul dato

Elaborazioni effettuate (atte alla normalizzazione):

- ✓ Conversione date nel formato **yyyy-mm-dd**
- ✓ Orari codificati nel formato **HH:MM:SS**
- ✓ Inserimento descrizione alle diagnosi secondo la codifica **ICD-9-CM**
- ✓ Inserimento descrizione alle strutture di ricovero secondo i modelli **NSIS**
- ✓ Inserimento nome farmaco e principio attivo secondo la codifica **AIFA**
- ✓ Il genere è stato codificato con 0 per Uomo e 1 per Donna
- ✓ Spazi multipli sostituiti con uno solo
- ✓ Dati categoriali sono stati codificati in valori numerici
- ✓ Al codice del comune è stato associato il nome esteso secondo i dati **ISTAT**
- ✓ Dati numerici relativi a quantità o misure sono stati normalizzati nell'intervallo [0,1]



0



UNIVERSITÀ
degli STUDI
di CATANIA



FASE 2- Ristrutturazione multimediale dei dati

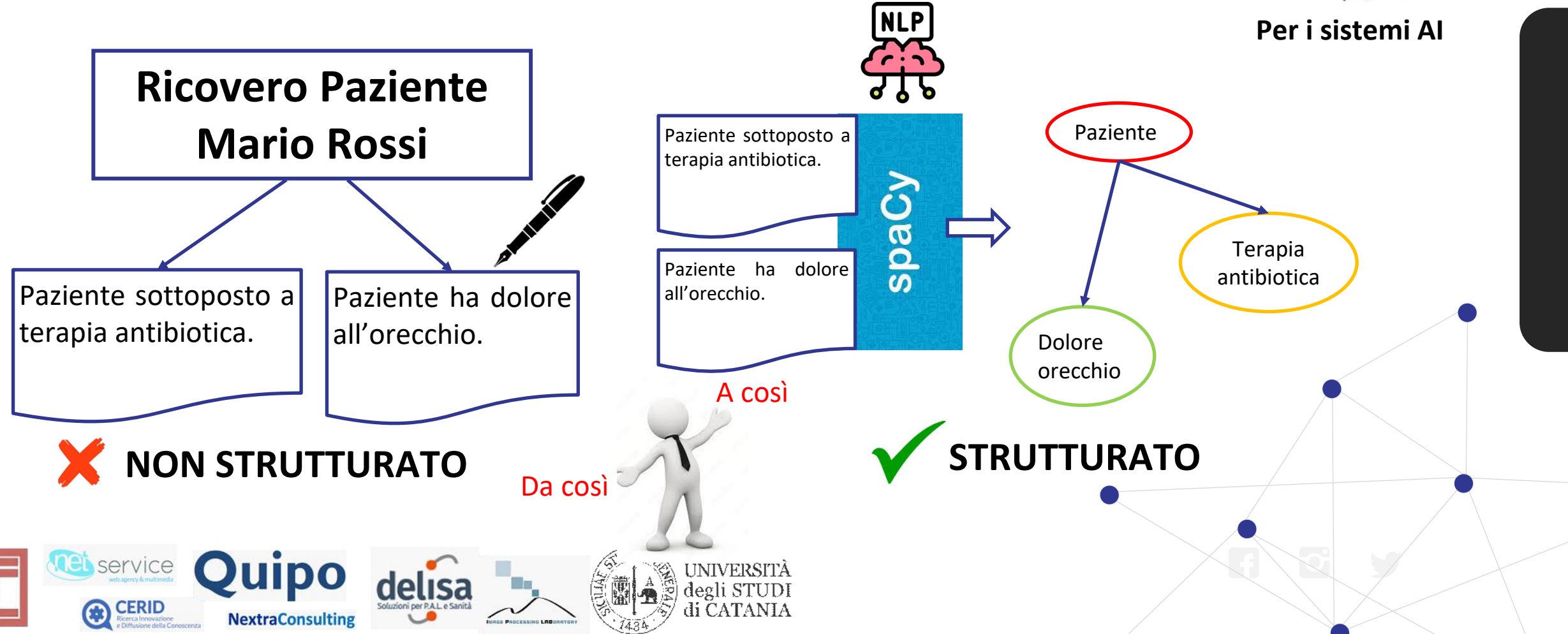
Problemi da gestire

4. Diari paziente in formato testuale e non strutturato



Soluzione: trasformazione in un grafo di conoscenza

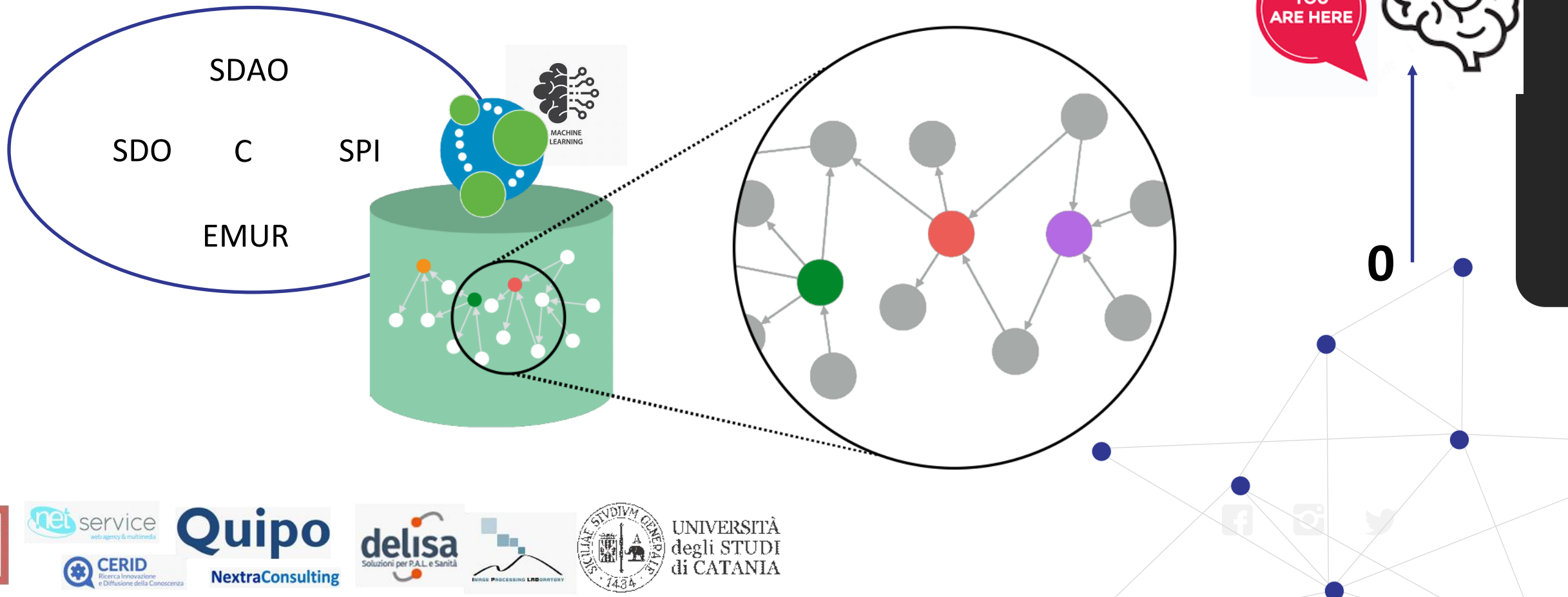
Per i sistemi AI



FASE 2- Ristrutturazione multimediale dei dati

Memorizzazione del dato ristrutturato

Una volta **definito** il raggruppamento **area-tempo** e risolti i problemi esposti in precedenza, i **dati** prodotti dai **flussi** sono stati **convertiti** in **nodi** ed **archi** di un unico grande **grafo** e **salvati** in **neo4j** (database a grafo).



FASE 2- Ristrutturazione multimediale dei dati

Query: **Esempio: Informazione ricovero**

```
MATCH ricovero =  
    (p:Paziente {CodiceSanitario:"5420208802768707486"})  
    -[r1:necessita]→  
    (r:Ricovero {Cartella:"2019003350"})→()  
RETURN ricovero
```



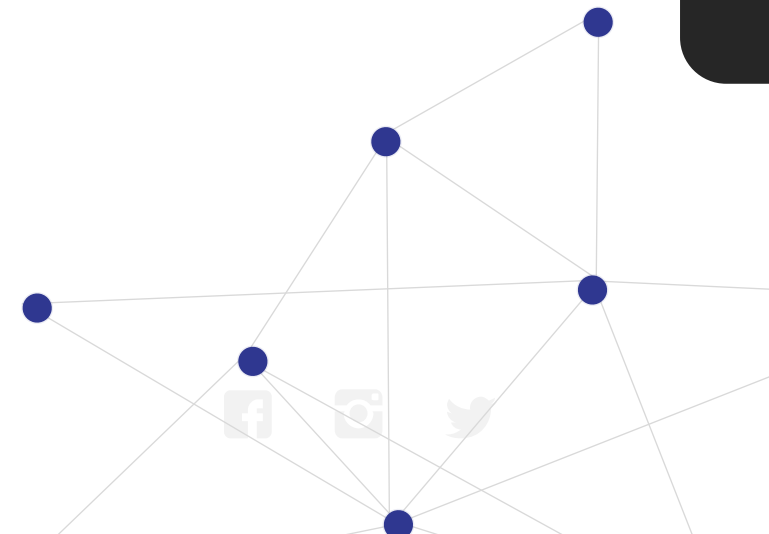
Overview

Node labels

* (17) Paziente (1) DayHospital (1) DRG (1)
ReportDimissione (1) Trasferimento (1)
InterventiProcedure (6) Diagnosi (4)
ModelloRicovero (1) Ricovero (1)

Relationship Types

* (16) necessita (1) giornaliero (1) costo (1)
riporta (1) richiede (1) secondario (5)
principale (1) secondaria (3) primaria (1)
relativo_a (1)

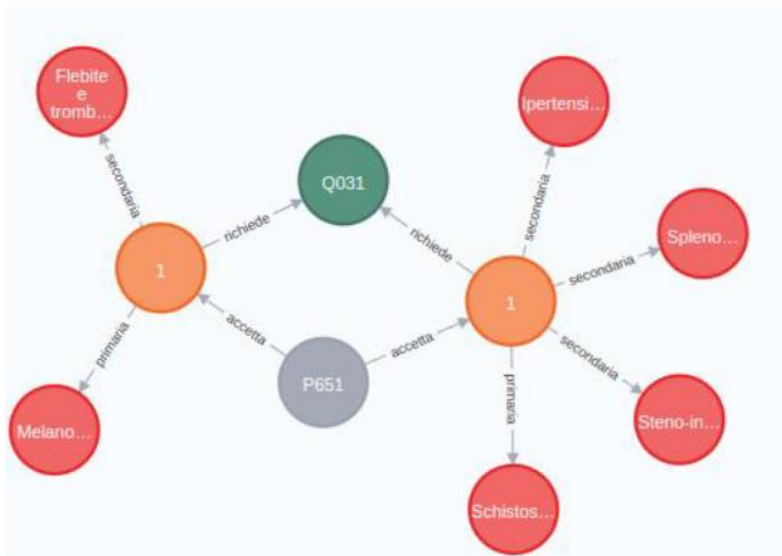


FASE 2- Ristrutturazione multimediale dei dati

Esempio: Trasferimento

Query:

```
WITH "P651" AS EmatoOncoPed, "Q031" AS DivInf
MATCH p=(n3:UnitaOperativa)-[r1:accetta]→(n1)-[r2]→(n2:Trasferimento),
      |      | q=(n1)→(n4:Diagnosi)
WHERE n3.CodiceReparto = EmatoOncoPed AND n2.CodiceReparto = DivInf
RETURN p,q
```



Overview

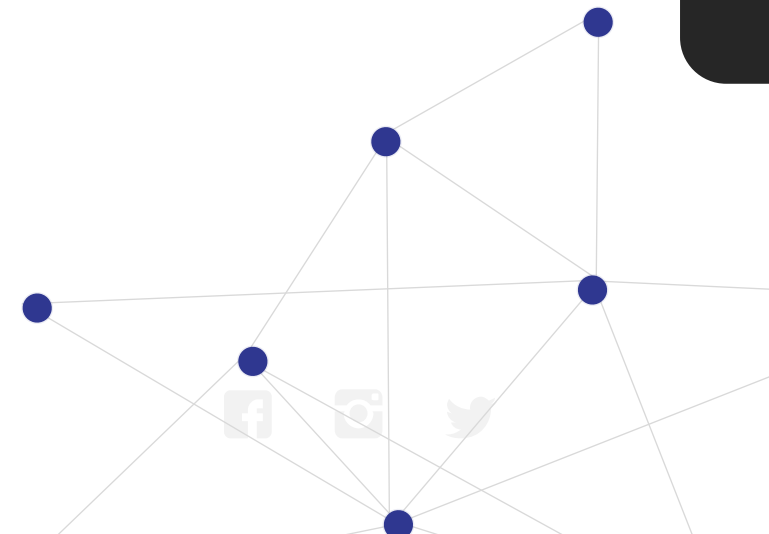
Node labels

* (10) UnitaOperativa (1) Trasferimento (1)
Ricovero (2) Diagnosi (6)

Relationship Types

* (10) accetta (2) richiede (2) primaria (2)
secondaria (4)

Displaying 10 nodes, 18 relationships.



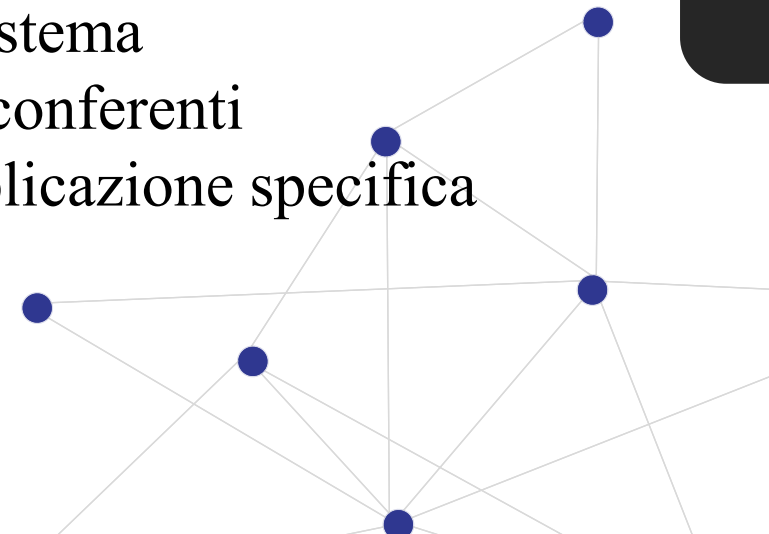
FASE 3- Progettazione del sistema

FASE 3

Denominazione Fase:	Progettazione del sistema
Tipo:	Ricerca Industriale
Soggetto Responsabile:	Net Service
Altri soggetti impegnati:	Quipo, Nextra Consulting, Delisa, Aucta Cognito, Università degli Studi di Catania, CERID

Attività previste e realizzate

- Progettazione dell'architettura del Sistema
- Progettazione dell'ambiente di esecuzione del Sistema
- Progettazione dei singoli componenti, servizi e funzioni del Sistema
- Progettazione delle interfacce di comunicazione con i sistemi conferenti
- Studio dell'interfaccia uomo macchina e dell'usabilità per l'applicazione specifica



UNIVERSITÀ
degli STUDI
di CATANIA



FASE 3- Progettazione del sistema

Deliverable prodotti e obiettivi raggiunti :

- D3.1 - Documento di progetto di architettura, Ambiente e funzioni del sistema (1/2)

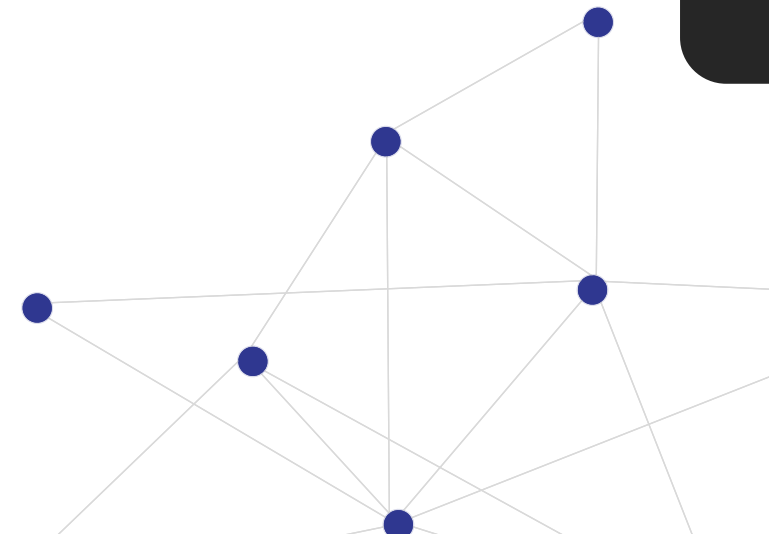
La progettazione di **DL4Health** ha avuto come oggetto la realizzazione di un sistema evoluto di gestione dei dati finalizzata alla definizione di una base di dati unica, integrata e consistente, ed altresì di tutti gli strumenti analitici di alto livello in grado di supportare i processi clinici, gestionali, finanziari, operativi e materiali che coesistono di una struttura sanitaria caratterizzata da un elevato grado di complessità come quella del Policlinico di Catania.

L'architettura segue l'approccio a microservizi, la soluzione preponderante per lo sviluppo delle moderne applicazioni cloud che operano con i big data e che hanno sicuramente la necessità di scalare ed evolversi velocemente.

Il pattern utilizzato è il Model View Controller.

Sono stati impiegati i seguenti framework per layer applicativo:

- Model: Neo4J
- Controller: Python, TensorFlow
- View: Html5/Css3/JavaScript



UNIVERSITÀ
degli STUDI
di CATANIA

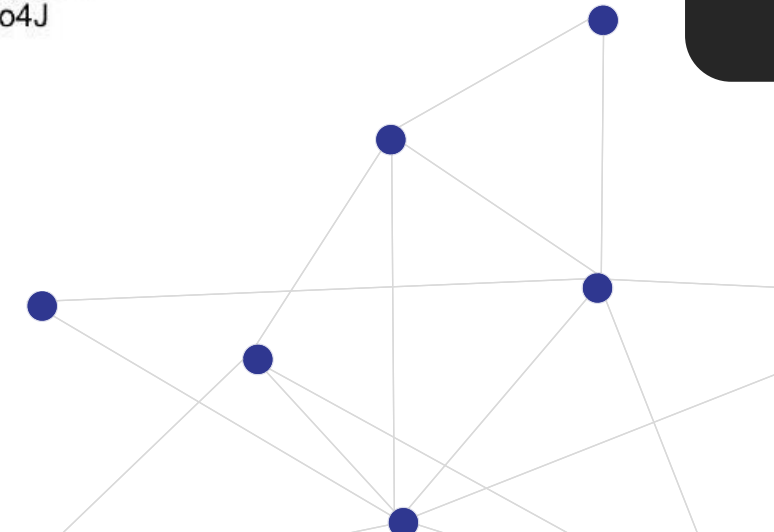
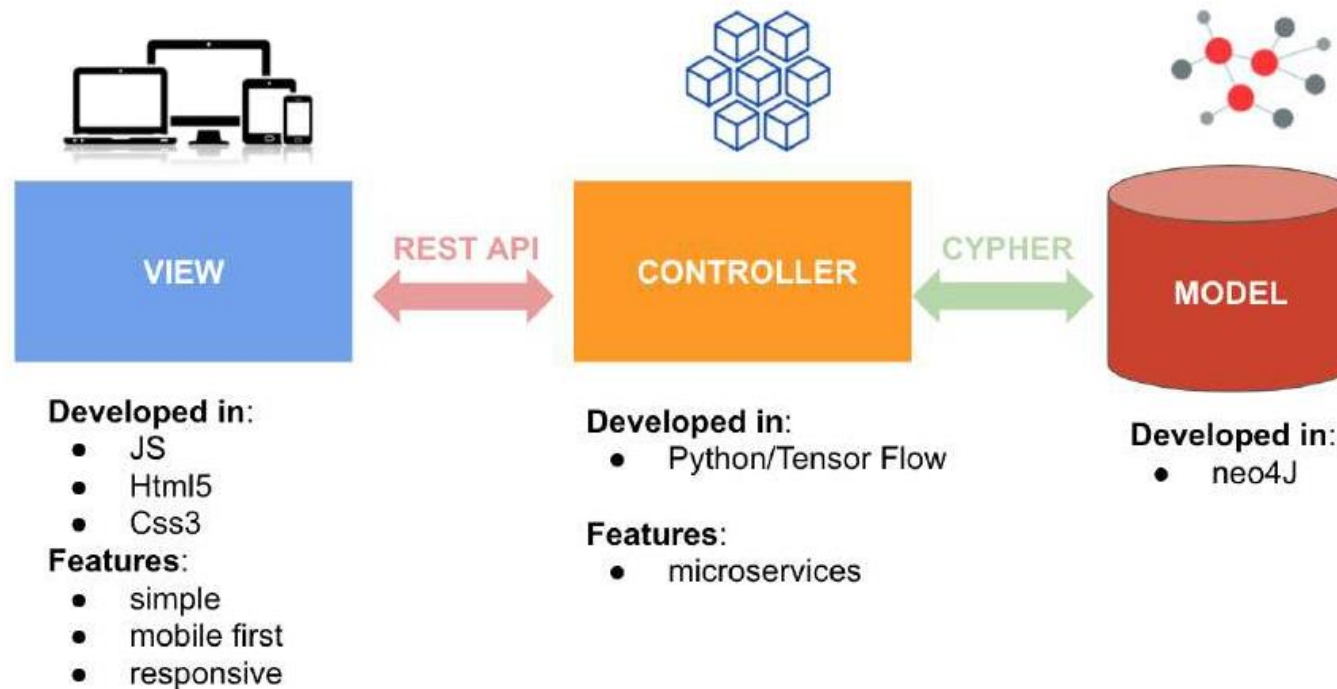


NextraConsulting

FASE 3- Progettazione del sistema

Deliverable prodotti e obiettivi raggiunti :

- D3.1 - Documento di progetto di architettura, Ambiente e funzioni del sistema (2/2)



FASE 3- Progettazione del sistema

Deliverable prodotti e obiettivi raggiunti :

- D3.2 - Documento di progetto delle interfacce di comunicazione con i sistemi conferenti

La progettazione delle interfacce ha avuto come scopo finale quello di individuare le tecniche di connessione alle fonti originali dei dati da parte della piattaforma di progetto tenendo conto che la tassonomia ed il formato dei dati non sono statici. Per questo è stato previsto che ogni agente software abbia quindi il compito di realizzare l'interfaccia machine-to-machine (connettore) in modo da rendere operativo il flusso dati dalla sorgente al datastore di progetto.

Le fonti dati prese in esame comprendono:

- i dati inerenti i flussi ospedalieri regionali (dati in formato XML)
- i dati inerenti le cartelle cliniche, interfacciando ove possibile i software gestionali tipicamente SQL based,
- i dati provenienti dalle analisi cliniche di laboratorio, per i quali il formato è variabile
- i dati provenienti da fonti non digitalizzate secondo le metodiche osservate in fase di analisi
- dati da fonti esterne quali l'AIFA



UNIVERSITÀ
degli STUDI
di CATANIA



FASE 3- Progettazione del sistema

Deliverable prodotti e obiettivi raggiunti :

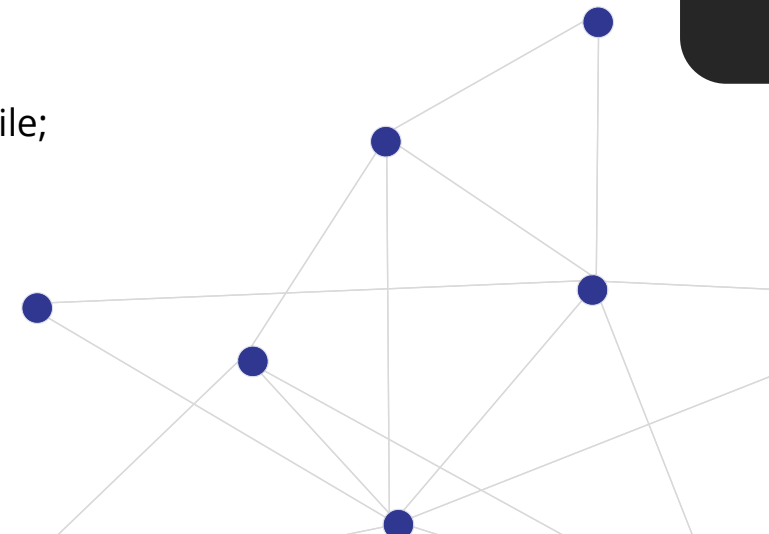
- **D3.3 - Documento di progetto degli aspetti di usabilità del sistema**

L'impiego di sistemi IT avanzati nel contesto della sanità ha un enorme potenziale, tuttavia uno dei principali fattori frenanti dei sistemi informatici in questo ambito è costituito dalla scarsa attenzione all'usabilità del software

L'obiettivo della visualizzazione di interfacce uomo macchina efficaci è quello di elaborare i dati grezzi provenienti da sistemi di raccolta, organizzazione e strutturazione dei dati, al fine di renderli visivamente immediati, fruibili in modo chiaro ed efficiente per i destinatari dell'informazione.

Esempi di metodi previsti dalle linee guida in letteratura e poi adattati per lo sviluppo delle piattaforma, sono

- Applicare tecniche realistiche di mappatura del dato su oggetti visuali;
- Minimizzare il numero di azioni che l'utente deve compiere per arrivare all'informazione richiesta;
- Fornire alternative flessibili per raggiungere, in modi diversi, la stessa informazione;
- Organizzare le informazioni nello spazio di visualizzazione in modo organico;
- Mantenere in modo uniforme le scelte di progettazione dell'interazione, dovunque sia possibile;
- Ridurre al minimo l'impegno cognitivo in carico all'utente;
- Fornire all'utente informazioni sui percorsi alternativi, quando più azioni sono possibili;
- Eliminare sistematicamente informazioni non pertinenti o fuorvianti;



UNIVERSITÀ
degli STUDI
di CATANIA



NextraConsulting

FASE 4 – Sviluppo ed integrazione del sistema

FASE 5

Denominazione Fase:

Sviluppo ed integrazione del sistema

Tipo:

Sviluppo sperimentale

Soggetto Responsabile:

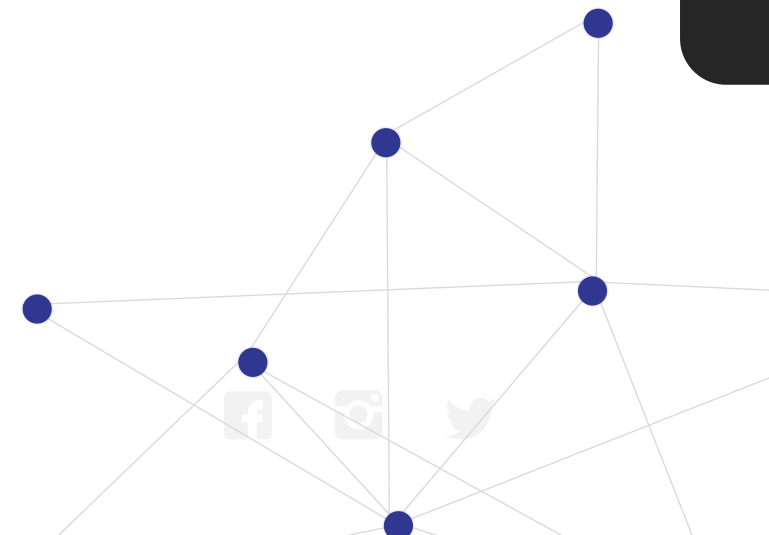
Quipo

Altri soggetti impegnati:

Nextra Consulting, Net Service, Delisa, Aucta Cognition, CERID



UNIVERSITÀ
degli STUDI
di CATANIA



FASE 4 – Sviluppo ed integrazione del sistema

Obiettivo

Obiettivo della fase è lo sviluppo del prototipo e la realizzazione di tutti gli aspetti fino a questo momento realizzati da tutti i partner coinvolti

In particolare l'attenzione si è posizionata verso :

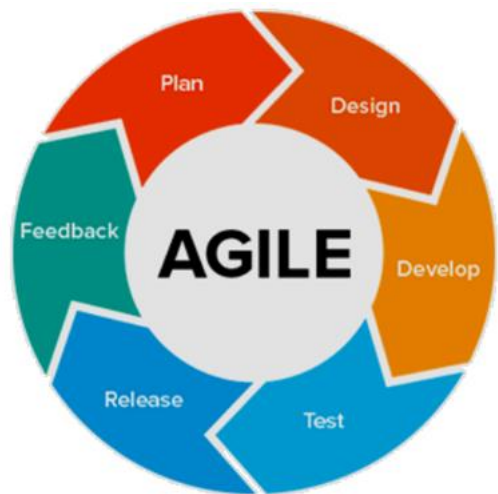
La (re)strutturazione multidimensionale, dinamica e autonoma, dei dati (tale attività fa il riferimento al *modus operandi* del sistema nervoso umano che apprende *“per esperienza”* e reagisce automaticamente)

La ricerca di correlazioni e cross-correlazioni basata su algoritmi bio-ispirati di computazione evolutiva capaci di operare strategie di data analysis ad elevato carico computazionale per le quali non si conoscono algoritmi efficienti di complessità lineare o polinomiale.



FASE 4 – Sviluppo ed integrazione del sistema

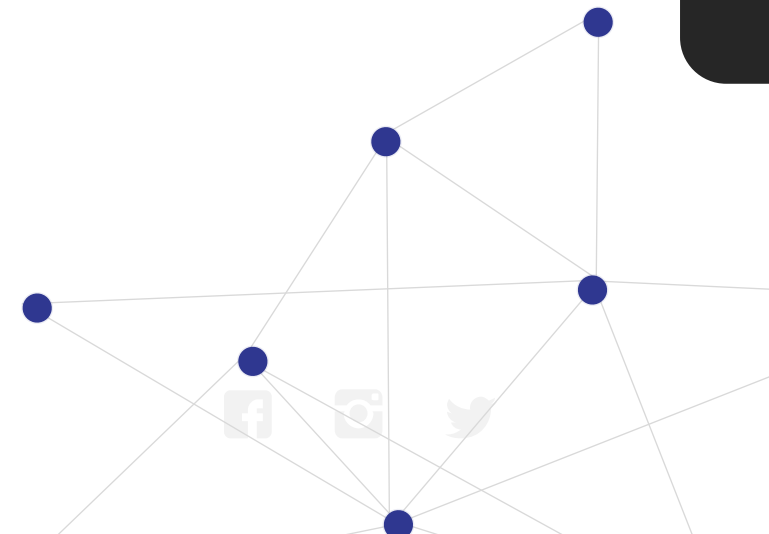
Metodologia



focalizzarsi su uno sviluppo **iterativo** e incrementale, su una **pianificazione adattiva**, e su un coinvolgimento diretto e continuo del personale dell'Azienda Policlinico in tutte le fasi del processo di sviluppo



UNIVERSITÀ
degli STUDI
di CATANIA



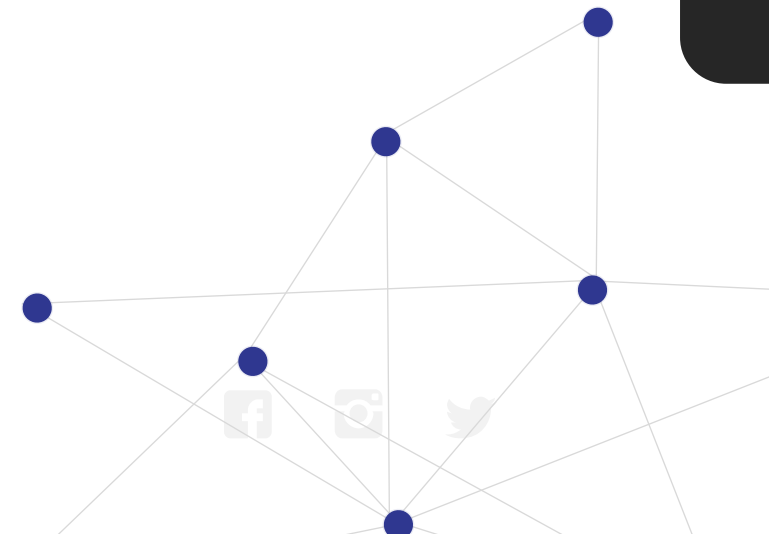
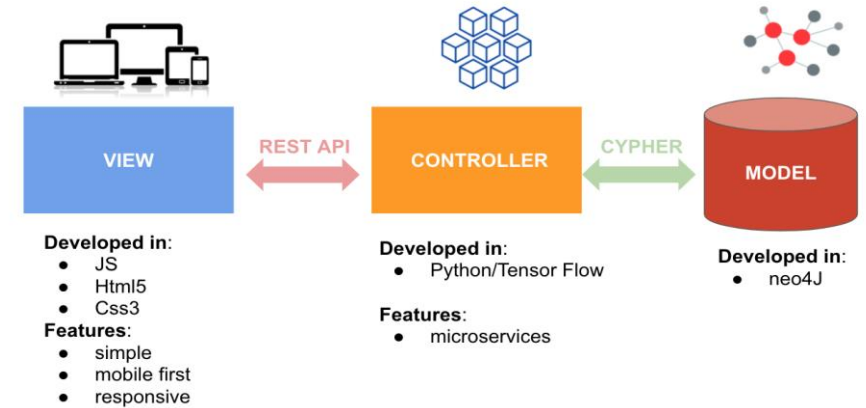
FASE 4 – Sviluppo ed integrazione del sistema

Architettura software

L'architettura proposta è a **microservizi**, la soluzione dominante per lo sviluppo delle moderne applicazioni cloud che operano con i big data e che hanno la necessità di scalare ed evolversi velocemente. Il pattern utilizzato è il **Model View Controller**. Il set di micro-servizi è quindi stato partizionato in tre grandi famiglie:

- Il **Model** che fornisce i metodi per accedere ai dati utili all'applicazione;
- il **View** che visualizza i dati contenuti nel model e si occupa dell'interazione con utenti e altri componenti;
- Il **Controller** riceve i comandi dell'utente (in genere attraverso il view) e li attua modificando lo stato degli altri due componenti.

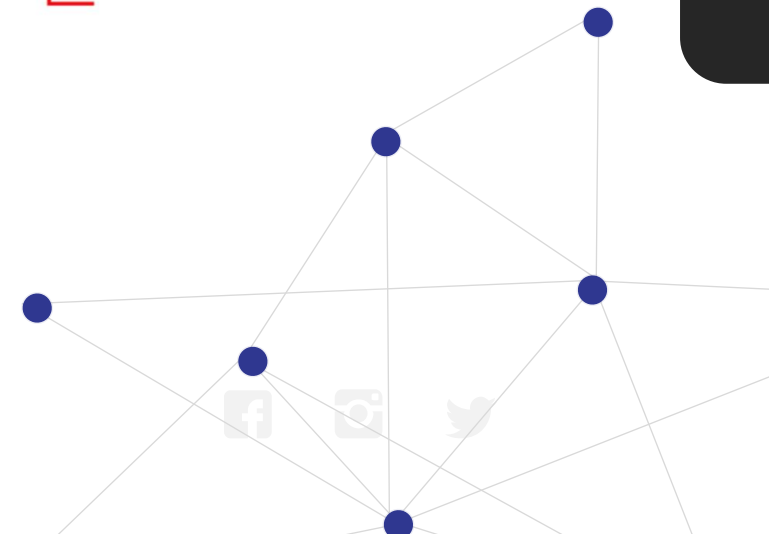
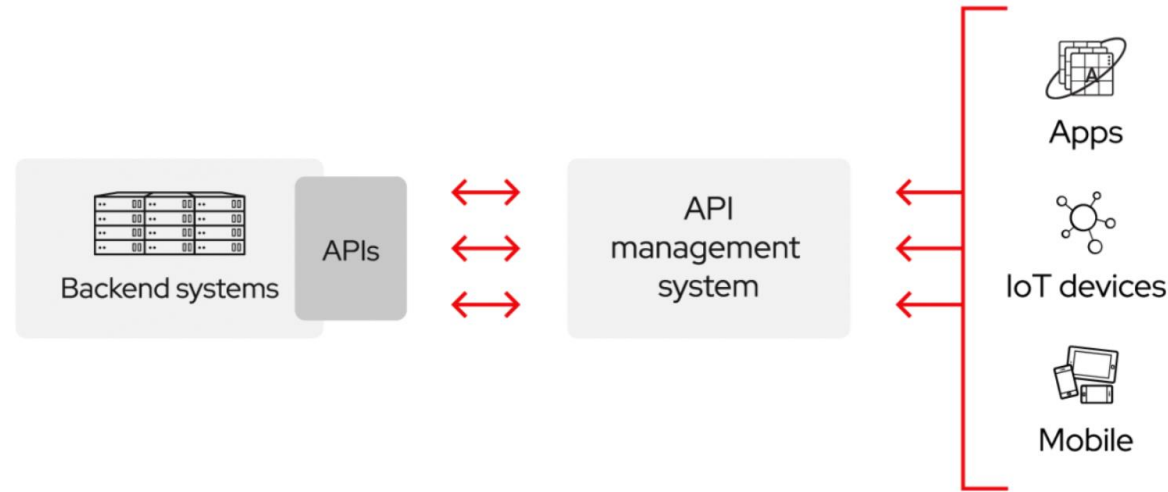
Model e Controller formano il Back End di DL4Health, mentre il View rappresenta il suo Front End.



FASE 4 – Sviluppo ed integrazione del sistema

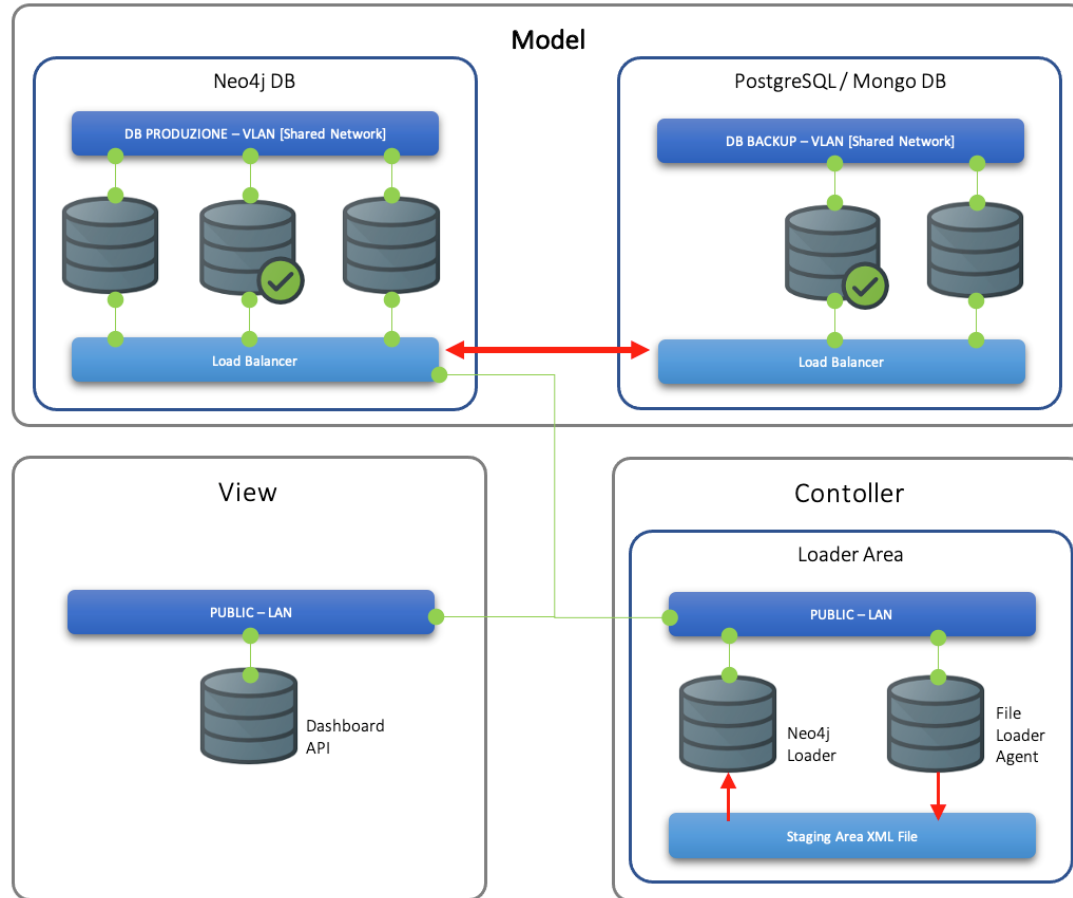
Architettura software

API è l'abbreviazione di **interfaccia di programmazione delle applicazioni** (*application programming interface*), ovvero un insieme di definizioni e protocolli per la creazione e l'integrazione di software applicativi.



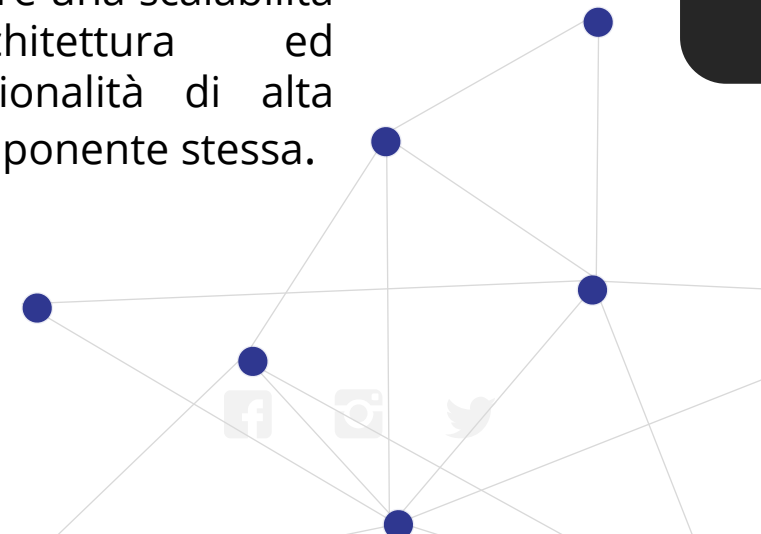
FASE 4 – Sviluppo ed integrazione del sistema

Architettura sistema



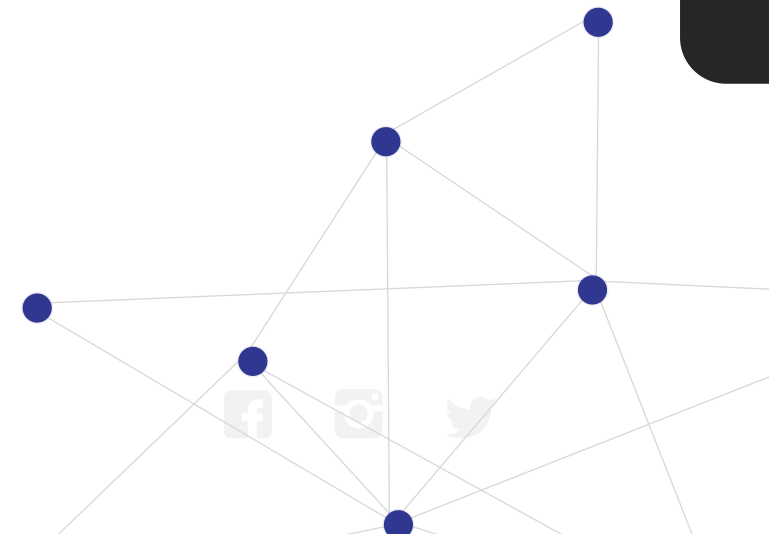
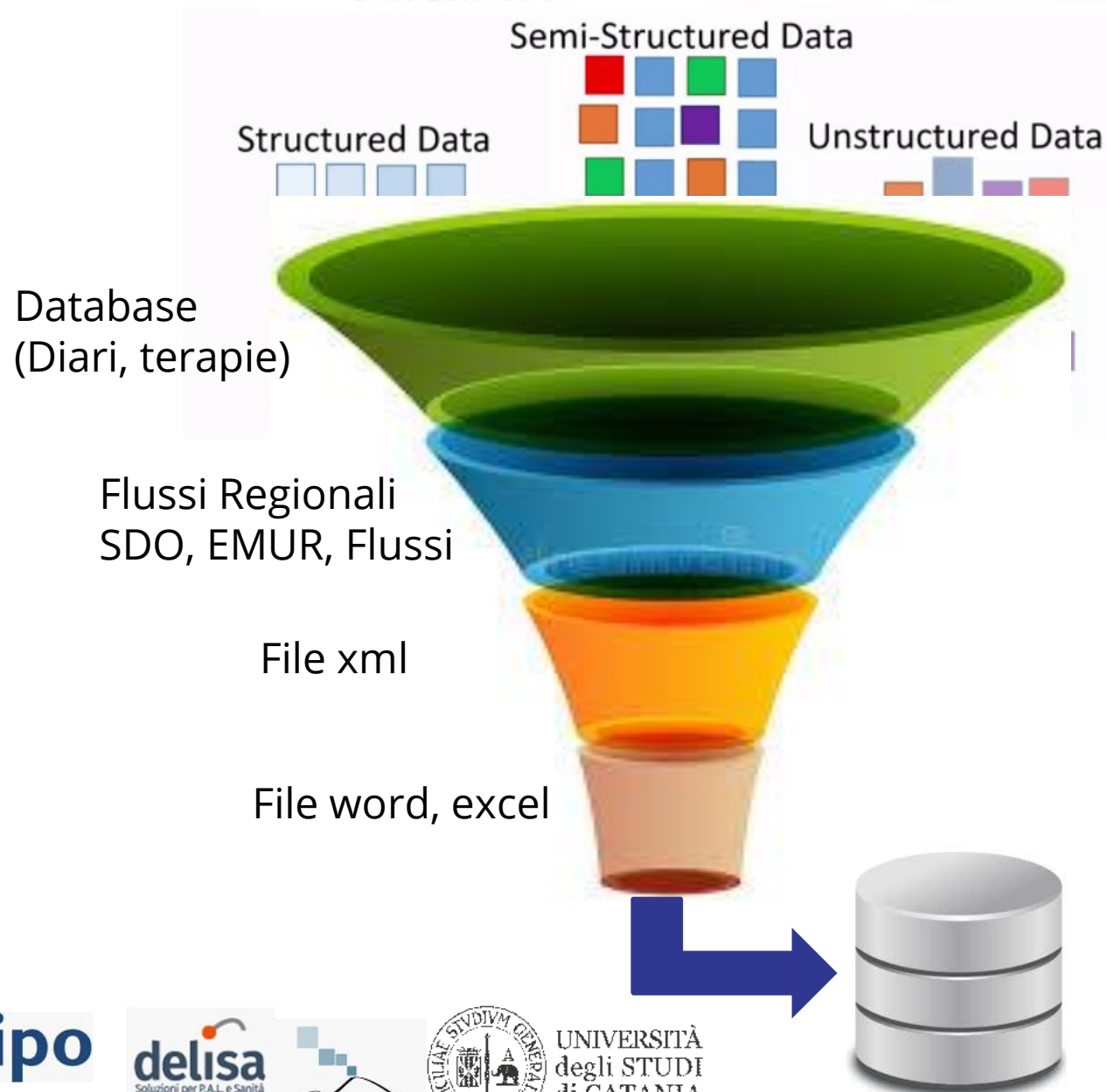
L'Architettura del Sistema illustrata nel layout recepisce lo schema logico del modello **MVC** (Model-View-Controller).

Per ciascuna delle aree logiche dell'architettura sono state previste delle **macchine Master**, ovvero esecutrici primarie del ruolo applicativo, e una o più **macchine Slave** previste per bilanciare il carico applicativo, consentire una scalabilità ottimale dell'architettura ed implementare funzionalità di alta affidabilità della componente stessa.



FASE 4 – Sviluppo ed integrazione del sistema

Interfacce con dati



UNIVERSITÀ degli STUDI di CATANIA

FASE 4 – Sviluppo ed integrazione del sistema

Algoritmi di intelligenza artificiale

1. Community Detection e Clustering

Gli algoritmi utilizzati per identificare comunità all'interno della base di conoscenza (grafo creato), a partire da una tipologia di nodo selezionate (i.e., Diagnosi, Interventi, DRG, etc.) sono:

- ✓ **Algoritmo di Louvain (selezionato)**: efficiente nell'identificare comunità in modo gerarchico in reti di grandi dimensioni.
- ✓ **K-Means (scartato)**: permette di suddividere un insieme di oggetti in k gruppi sulla base dei loro attributi. Il K-Means dopo una prima analisi, è stato scartato perché richiede il valore di K fornito dall'utente. Dove K è il numero di cluster.

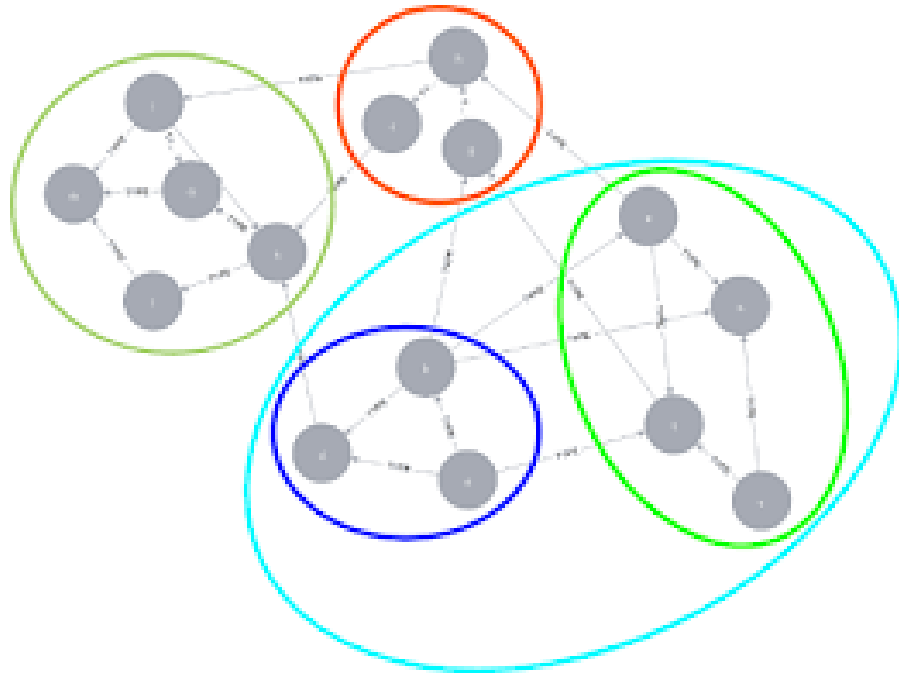


FASE 4 – Sviluppo ed integrazione del sistema

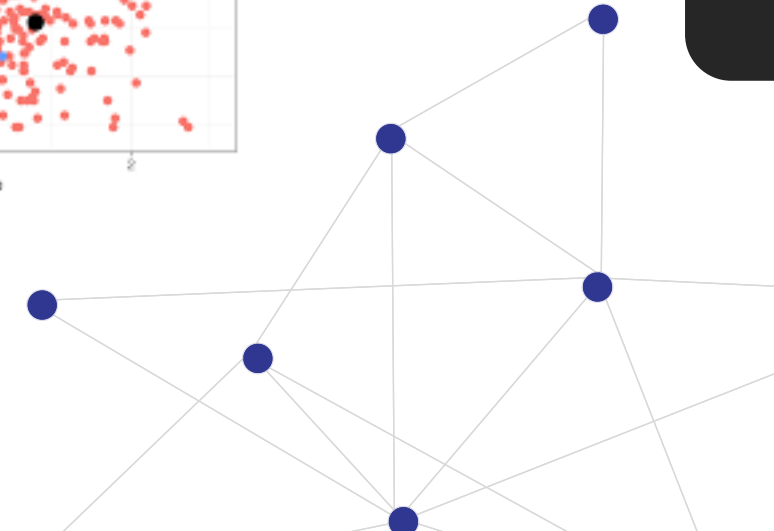
Algoritmi di intelligenza artificiale

1. Community Detection e Clustering

Esempio Louvain



Esempio K-Means



FASE 4 – Sviluppo ed integrazione del sistema

Algoritmi di intelligenza artificiale

2. Misure di centralità

Al fine di **localizzare i nodi** che risultino essere maggiormente **rilevanti, connessi**, e di conseguenza **HUB** all'interno della rete, è stata utilizzato il **Page Rank** come misura di centralità.

Page Rank: algoritmo di analisi che assegna un peso numerico ad ogni nodo per mezzo di collegamenti, con lo scopo di quantificare l'importanza relativa all'interno dell'insieme dei nodi stessi.



UNIVERSITÀ
degli STUDI
di CATANIA

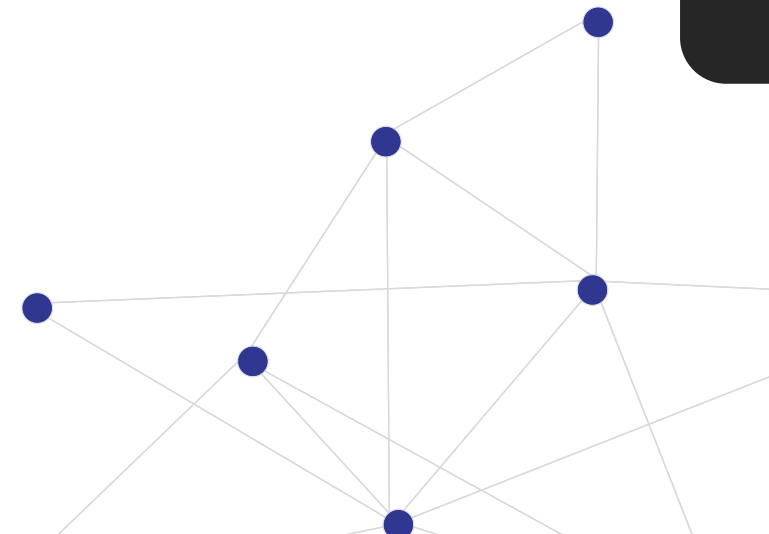
FASE 4 – Sviluppo ed integrazione del sistema

Algoritmi di intelligenza artificiale

3. Collaborative Filtering

Sono **algoritmi** utilizzati nei sistemi di **raccomandazione** per predire le **preferenze** o i comportamenti di un **utente** analizzando le preferenze o i **comportamenti** di **utenti simili**.

In **DL4Health** è stato **implementato** un **Neural Collaborative Filtering** (usando Keras + TensorFlow) per consigliare la lista di farmaci da raccomandare al paziente sulla base della similarità che esso stesso ha con altri pazienti in termini di diagnosi ed interventi.



FASE 4 – Sviluppo ed integrazione del sistema

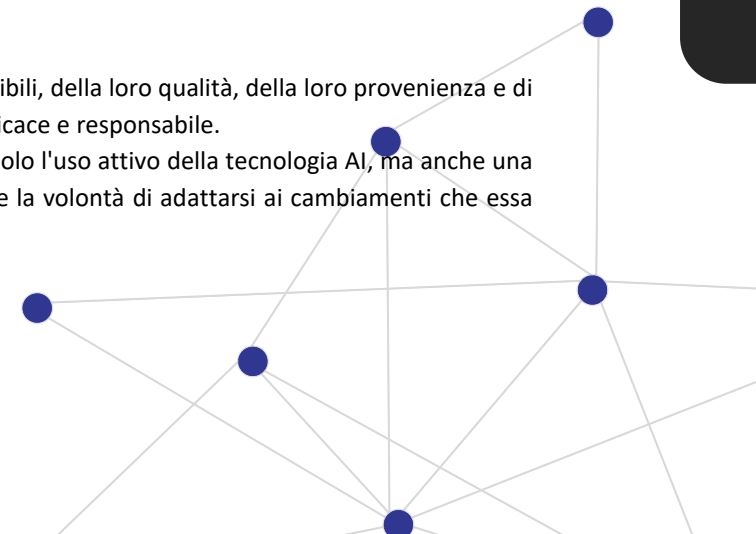
Simulazioni previsionali di impatto economico, sociale ed ambientale

La metodologia

L'Industry Foresight è una metodologia utilizzata per analizzare le possibili evoluzioni all'interno di un settore oppure di uno specifico tema. Partendo dagli aspetti più significativi derivanti dalla survey, Data awareness e AI acceptance^[1], per ciascuno di essi sono stati individuati i possibili trend futuri immaginando due visioni contrapposte (ottimistica e pessimistica). Sulla base dei trend sono stati ipotizzati quattro possibili scenari che sono il risultato della convergenza delle visioni dei due driver. Gli impatti di ciascuno scenario sono stati declinati per i principali stakeholder dell'ecosistema (Healthcare provider, Pazienti, Aziende di medical device, Società scientifiche, Centrali di acquisto ed Enti della supply chain).

[1] Il concetto di "Data awareness" si riferisce alla consapevolezza dell'importanza dei dati e della loro gestione. Significa essere consapevoli dei dati disponibili, della loro qualità, della loro provenienza e di come possono essere utilizzati per prendere decisioni informate. Questa consapevolezza è fondamentale per garantire che i dati siano utilizzati in modo efficace e responsabile.

L'"AI acceptance" si riferisce all'accettazione e all'adozione dell'intelligenza artificiale (AI) da parte della società e delle organizzazioni. Questo implica non solo l'uso attivo della tecnologia AI, ma anche una comprensione e un'apprezzamento dei suoi benefici e delle sue potenziali implicazioni. L'accettazione dell'AI comporta anche la fiducia nella tecnologia e la volontà di adattarsi ai cambiamenti che essa porta.



FASE 4 – Sviluppo ed integrazione del sistema

Metodologia Industry Foresight applicata all'AI

1. Driver

Il punto di partenza è rappresentato dai principali **driver** emersi dalle analisi di ecosistema: **acceptance** e **data awareness**.



2. Trend

Per ciascun driver, abbiamo individuato i possibili **trend futuri** immaginando due visioni: una **ottimistica (+)** e una **pessimistica (-)**.



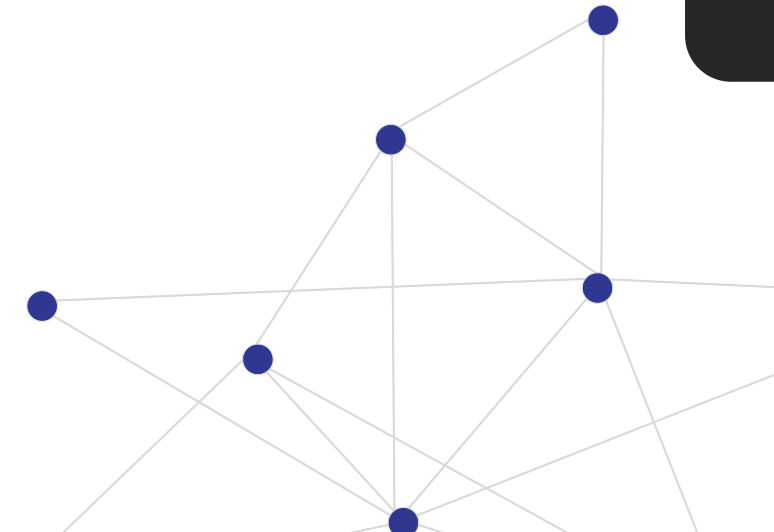
3. Scenari

Sulla base dei trend individuati, abbiamo ipotizzato **quattro possibili scenari** che sono il risultato della **convergenza delle visioni dei due driver**.



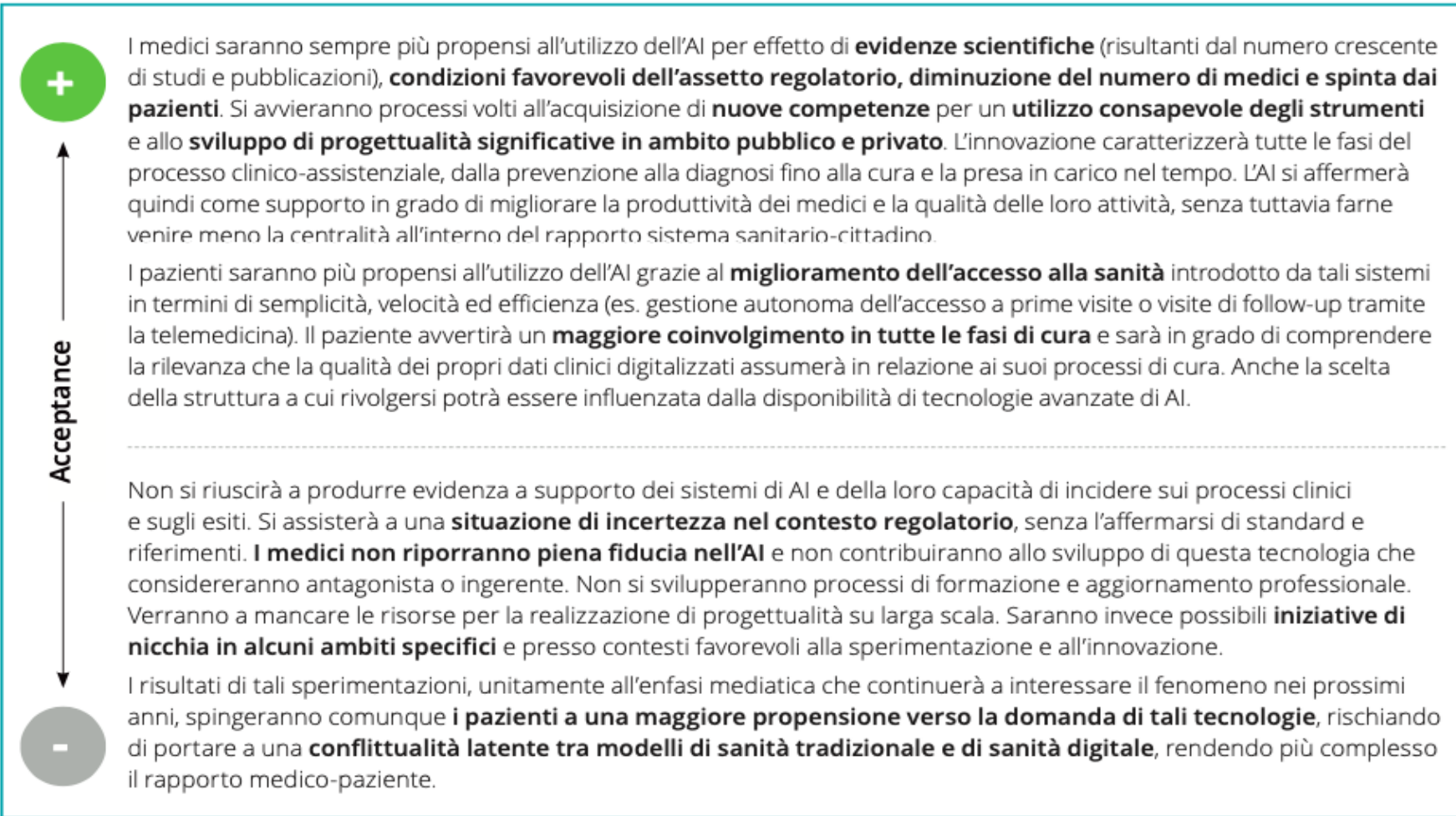
4. Impatti

Gli scenari individuati sono stati declinati sui singoli stakeholder dell'ecosistema salute al fine di comprenderne i **possibili impatti**.



FASE 4 – Sviluppo ed integrazione del sistema

I trend: le dinamiche dell'acceptance e della data awareness nelle loro visioni ottimistiche e pessimistiche.
I possibili trend di evoluzione futura dell'acceptance



+

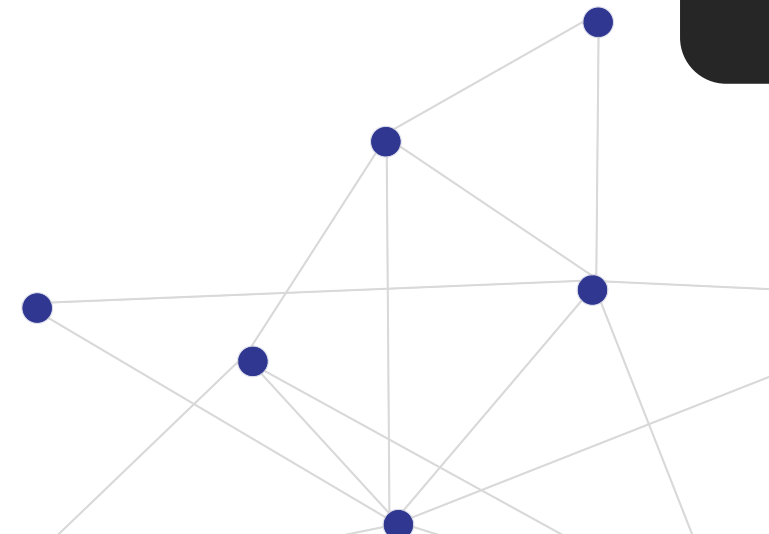
I medici saranno sempre più propensi all'utilizzo dell'AI per effetto di **evidenze scientifiche** (risultanti dal numero crescente di studi e pubblicazioni), **condizioni favorevoli dell'assetto regolatorio**, **diminuzione del numero di medici e spinta dai pazienti**. Si avvieranno processi volti all'acquisizione di **nuove competenze** per un **utilizzo consapevole degli strumenti** e allo **sviluppo di progettualità significative in ambito pubblico e privato**. L'innovazione caratterizzerà tutte le fasi del processo clinico-assistenziale, dalla prevenzione alla diagnosi fino alla cura e la presa in carico nel tempo. L'AI si affermerà quindi come supporto in grado di migliorare la produttività dei medici e la qualità delle loro attività, senza tuttavia farne venire meno la centralità all'interno del rapporto sistema sanitario-cittadino.

I pazienti saranno più propensi all'utilizzo dell'AI grazie al **miglioramento dell'accesso alla sanità** introdotto da tali sistemi in termini di semplicità, velocità ed efficienza (es. gestione autonoma dell'accesso a prime visite o visite di follow-up tramite la telemedicina). Il paziente avvertirà un **maggiore coinvolgimento in tutte le fasi di cura** e sarà in grado di comprendere la rilevanza che la qualità dei propri dati clinici digitalizzati assumerà in relazione ai suoi processi di cura. Anche la scelta della struttura a cui rivolgersi potrà essere influenzata dalla disponibilità di tecnologie avanzate di AI.

Non si riuscirà a produrre evidenza a supporto dei sistemi di AI e della loro capacità di incidere sui processi clinici e sugli esiti. Si assisterà a una **situazione di incertezza nel contesto regolatorio**, senza l'affermarsi di standard e riferimenti. **I medici non riporranno piena fiducia nell'AI** e non contribuiranno allo sviluppo di questa tecnologia che considereranno antagonista o ingerente. Non si svilupperanno processi di formazione e aggiornamento professionale. Verranno a mancare le risorse per la realizzazione di progettualità su larga scala. Saranno invece possibili **iniziative di nicchia in alcuni ambiti specifici** e presso contesti favorevoli alla sperimentazione e all'innovazione.

I risultati di tali sperimentazioni, unitamente all'enfasi mediatica che continuerà a interessare il fenomeno nei prossimi anni, spingeranno comunque **i pazienti a una maggiore propensione verso la domanda di tali tecnologie**, rischiando di portare a una **conflittualità latente tra modelli di sanità tradizionale e di sanità digitale**, rendendo più complesso il rapporto medico-paziente.

-



FASE 4 – Sviluppo ed integrazione del sistema

I possibili trend di evoluzione futura della data awareness



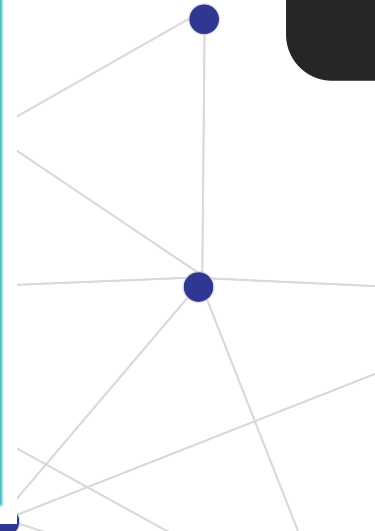
Data Awareness



La qualità del dato (non solo accuratezza, completezza e tempestività, ma anche rappresentatività e attendibilità) sarà prerequisito per poter utilizzare tecnologie di intelligenza artificiale in molti ambiti di assistenza sanitaria. La maggior parte delle organizzazioni che trattano dati sanitari implementerà strategie di **Data Quality Management (DQM)** e **Data Governance**. **Aumenterà in maniera esponenziale la quantità di dati disponibili** da integrare nei dataset clinici tradizionali per effetto della definitiva affermazione dell'IoT, sia in ambito ospedaliero, sia in ambito consumer. L'aumento della quantità di dati sarà alimentato anche dalla disponibilità di **capacità elaborative sempre maggiori** che renderanno possibili analisi in tempi estremamente ridotti. All'esplosione della quantità di dati corrisponderà l'avanzamento dei sistemi di **cyber security** che ne garantiranno un'elevata protezione, aumentando la propensione dei pazienti a mettere a disposizione i propri dati personali e a curarne personalmente la qualità.

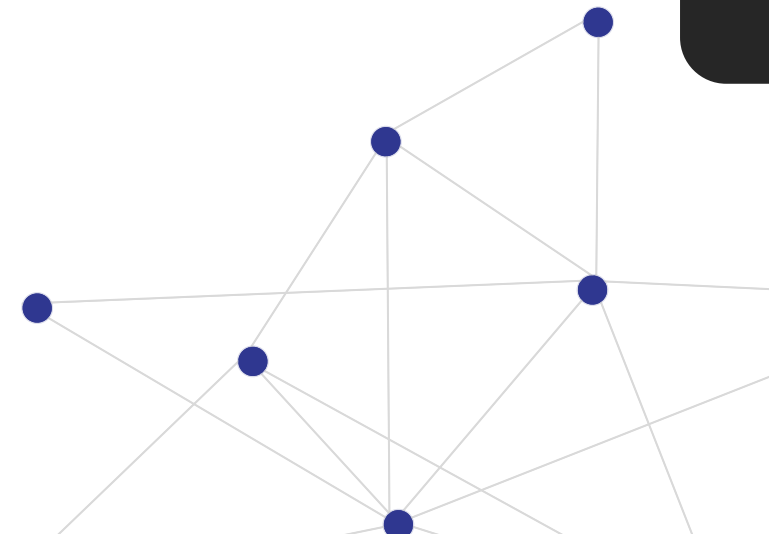
Il contesto regolatorio si occuperà di normare aspetti relativi alla raccolta e all'analisi della qualità dei dati che sono alla base di algoritmi di AI anche attraverso **la creazione e la diffusa adozione di standard specifici** per la realizzazione e l'impiego di algoritmi. Si affineranno e consolideranno ulteriormente **standard e tecnologie di interoperabilità**.

Non si svilupperà ai vari livelli la necessaria consapevolezza relativamente all'esistenza di una forte correlazione **tra qualità del dato e performance delle tecnologie** basate sull'intelligenza artificiale. La **scarsa attenzione alla qualità del dato** non renderà pienamente sfruttabile la grande quantità di dati generati e le capacità di elaborazione messe a disposizione dal cloud. I medici saranno i primi a non fidarsi dell'AI a causa di risposte non soddisfacenti derivanti dalla qualità dei dati con cui sono stati addestrati e istruiti i sistemi. Le attuali problematiche legate alla sicurezza e alla protezione dei dati sensibili continueranno a essere presenti e **aumenteranno la vulnerabilità dei sistemi ai cyber attack**. Diminuirà di conseguenza la volontà dei pazienti di mettere a disposizione i propri dati personali e contribuire alla loro qualità.



FASE 4 – Sviluppo ed integrazione del sistema

Dall'analisi congiunta dei trend futuri è possibile individuare quattro possibili scenari prospettici dell'AI in sanità.



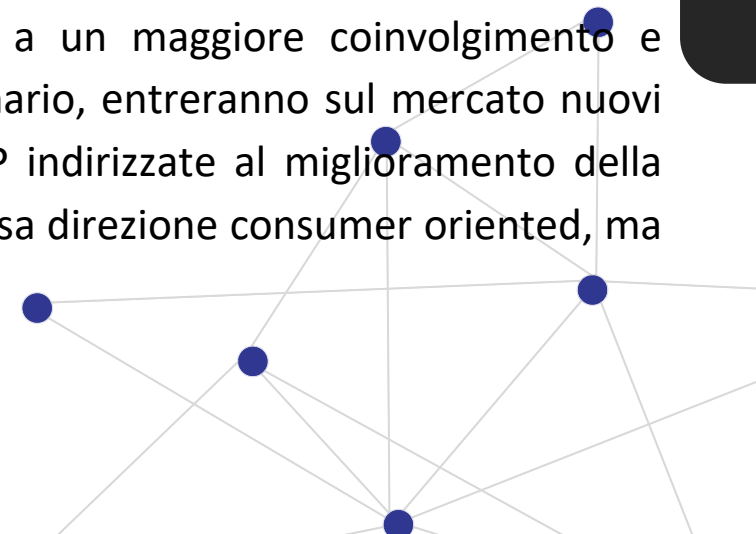
UNIVERSITÀ
degli STUDI
di CATANIA

FASE 4 – Sviluppo ed integrazione del sistema

Il primo dei futuri possibili: l'illusione

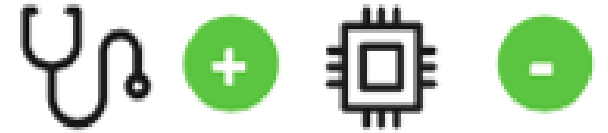


Lo scenario dei prossimi 5-10 anni sarà caratterizzato da bassa consapevolezza dell'importanza della qualità del dato e bassa accettabilità dei sistemi che sfruttano l'AI da parte della workforce clinica. Anche il sistema regolatorio non favorirà un maggiore utilizzo dell'AI. La qualità del dato non sarà percepita come prioritaria per il miglioramento delle performance delle tecnologie di AI limitandone gli utilizzi. Non migliorerà l'attuale interoperabilità tra le fonti, non saranno applicati nuovi standard, le aziende non investiranno in data governance, mentre a livello regolatorio i requisiti imposti dal GDPR saranno approcciati più come adempimento formale che opportunità sostanziale. L'assetto che si configurerà a seguito della disponibilità di dati di bassa qualità, influirà anche sull'accettabilità da parte della workforce clinica, che utilizzerà l'AI solo in alcuni ambiti più classici e meno rischiosi, volti al miglioramento ed efficientamento dei processi, dall'automazione delle attività amministrative alla raccolta dati. D'altra parte, i risultati raggiunti dall'introduzione dell'AI in altri settori, spingeranno i pazienti a un maggiore coinvolgimento e commitment verso tali sistemi e a desiderarli anche al di fuori dei canali ufficiali. In tale scenario, entreranno sul mercato nuovi player che cercheranno di superare i limiti attuali con l'introduzione di nuovi sistemi e APP indirizzate al miglioramento della patient experience (es. sistemi di autodiagnosi). Anche i player storici si muoveranno nella stessa direzione consumer oriented, ma la diffusione dell'AI in sanità sarà inferiore a quella registrata in altri settori.





Il secondo dei futuri possibili: la Selezione



Lo scenario dei prossimi 5-10 anni sarà caratterizzato da bassa consapevolezza dell'importanza della qualità del dato e alta accettabilità dei sistemi che sfruttano l'AI da parte della workforce clinica e dei pazienti.

La qualità del dato (intesa come validità, accuratezza, completezza e tempestività) non sarà ancora percepita come prioritaria per il miglioramento delle performance delle tecnologie di AI limitandone l'affidabilità e l'utilità reale ad alcuni ambiti selezionati. Le aziende, infatti, spinte dalle aspettative e dall'interesse di medici e pazienti, saranno orientate a soddisfare la domanda in alcune applicazioni molto verticali e sicure dal punto di vista della qualità del dato, mentre saranno più attendiste nello sviluppo di algoritmi performanti basati sull'integrazione di più fonti dati.

La workforce clinica, per effetto di evidenze scientifiche e nuovi studi, comprenderà le possibilità e i vantaggi offerti dalle tecnologie di AI e sarà sempre più propensa all'utilizzo non solo in ambiti classici (volti al miglioramento ed efficientamento dei processi), ma anche ambiti innovativi come virtual assistant a letto del paziente e sistemi di telemedicina.

Si avvieranno anche processi volti all'acquisizione di nuove competenze da parte dei medici per un utilizzo sempre più consapevole degli strumenti. Allo stesso tempo, la collaborazione della clinical workforce sarà fondamentale per il miglioramento del bias e per avviare processi di curation dei dati e selezione delle fonti. Saranno i medici stessi a collaborare per individuare alcuni casi di applicazione limitati e circoscritti. In questo scenario, il rapporto con i pazienti tenderà a cambiare verso una riconfigurazione che vede l'AI come mezzo di supporto e intermediario.



tel service

Quipo
NextraConsulting

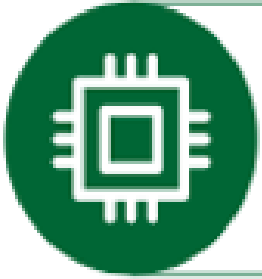
delisa
Soluzioni per P.A.L. e Sanità

INNOVATION PROCESSING LAB

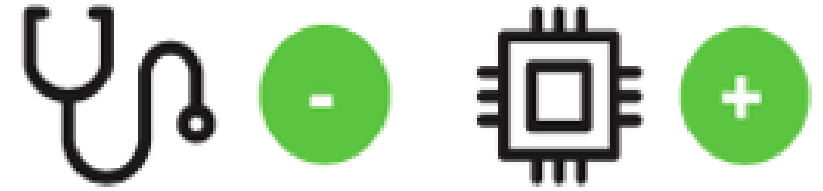


UNIVERSITÀ
degli STUDI
di CATANIA

FASE 4 – Sviluppo ed integrazione del sistema



Il terzo dei futuri possibili: la Competizione

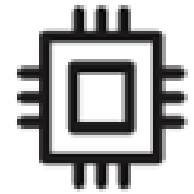


Lo scenario dei prossimi 5-10 anni sarà caratterizzato da alta consapevolezza dell'importanza della qualità del dato ma bassa accettabilità dei sistemi che sfruttano l'AI da parte della workforce clinica. La qualità del dato (intesa come validità, accuratezza, completezza e tempestività) sarà percepita come prioritaria per il miglioramento delle performance delle tecnologie di AI e la maggior parte delle organizzazioni implementerà strategie di Data Quality Management. Le evoluzioni tecnologiche permetteranno di ottenere capacità elaborative sempre maggiori, riducendo i tempi di calcolo e aumentando la precisione e l'accuratezza dei sistemi. L'avanzamento dei sistemi di cyber security garantirà l'elevata protezione dei dati. La maggiore consapevolezza del dato richiederà ingenti investimenti in nuove piattaforme di raccolta, cura e gestione dei dati (data lake, hadoop) e nel collegamento di queste con nuove fonti dati (IoT, sensori indossabili dal paziente, nuove attrezzature diagnostiche, riprese video e registrazioni audio). Allo stesso tempo, gli enti regolatori si muoveranno verso la creazione di standard specifici. Tuttavia, tale propensione non sarà corrisposta in ugual modo dalla workforce clinica, che considererà l'AI antagonista o ingerente. Si profilerà una competizione tra sanità digitale e sanità analogica, alimentata dal fatto che nelle organizzazioni più tradizionali management e professional non si lasceranno convincere a modificare i loro approcci tradizionali, e nel frattempo nuovi digital healthcare provider entreranno sul mercato con modelli di erogazione completamente nuovi e in piena competizione, soprattutto in ambiti a bassa complessità ma alta frequenza di cura (es: cronicità, cure primarie, salute mentale).

FASE 4 – Sviluppo ed integrazione del sistema



Il quarto dei futuri possibili: l'Alleanza



Lo scenario dei prossimi 5-10 anni sarà caratterizzato da alta consapevolezza dell'importanza della qualità del dato e alta accettabilità dei sistemi che sfruttano l'AI da parte della workforce clinica.

La qualità del dato (intesa come validità, accuratezza, completezza e tempestività) sarà percepita come fondamentale per il miglioramento delle performance delle tecnologie di AI e la maggior parte delle organizzazioni implementerà strategie di Data Quality Management e Data Governance. Le evoluzioni tecnologiche permetteranno di ottenere capacità elaborative sempre maggiori, riducendo i tempi di elaborazione e aumentando la precisione e l'accuratezza dei sistemi. L'avanzamento dei sistemi di cyber security garantirà l'elevata protezione dei dati. Allo stesso tempo, gli enti regolatori si muoveranno verso la creazione di standard specifici in materia di AI e sarà possibile integrare

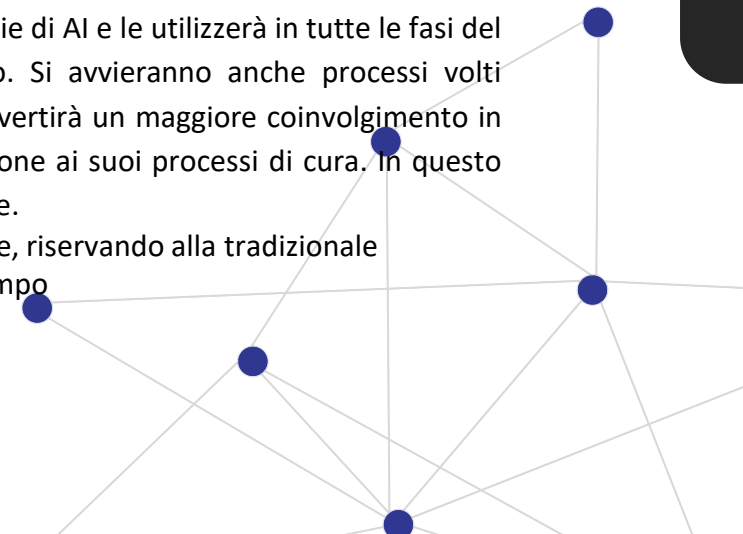
le tecnologie (APP cliniche) nei processi assistenziali attraverso la loro prescrivibilità. In questo scenario, l'elevata qualità dei dati e la selezione delle fonti permetterà di realizzare i potenziali insiti nella progressiva e sempre più piena interoperabilità tra le basi dati che il consolidamento di API (Application Programming Interface) e altre innovazioni renderanno possibile.

La workforce clinica, per effetto di evidenze scientifiche e nuovi studi, comprenderà le possibilità e i vantaggi offerti dalle tecnologie di AI e le utilizzerà in tutte le fasi del processo clinico-assistenziale, dalla prevenzione alla diagnosi, dalla prognosi fino alla cura e la presa in carico nel tempo. Si avvieranno anche processi volti all'acquisizione di nuove competenze da parte dei medici per un utilizzo sempre più consapevole degli strumenti. Il paziente avvertirà un maggiore coinvolgimento in tutte le fasi di cura e sarà in grado di comprendere la rilevanza che la qualità dei propri dati clinici digitalizzati assume in relazione ai suoi processi di cura. In questo scenario, il rapporto medico-paziente evolverà verso una riconfigurazione che vede l'AI come mezzo di supporto e intermediazione.

I medici considereranno quello in modalità virtuale (mobile health, telehealth) l'approccio di default per il trattamento del paziente, riservando alla tradizionale erogazione in presenza della prestazione (attività ambulatoriale e ricovero in ospedale) uno spazio sempre più limitato del loro tempo



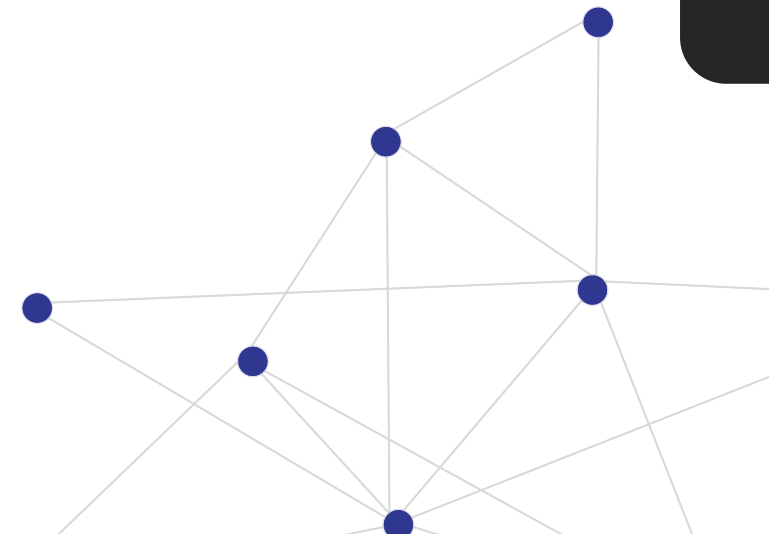
UNIVERSITÀ
degli STUDI
di CATANIA



FASE 4 – Sviluppo ed integrazione del sistema

Gli impatti sugli stakeholder della sanità

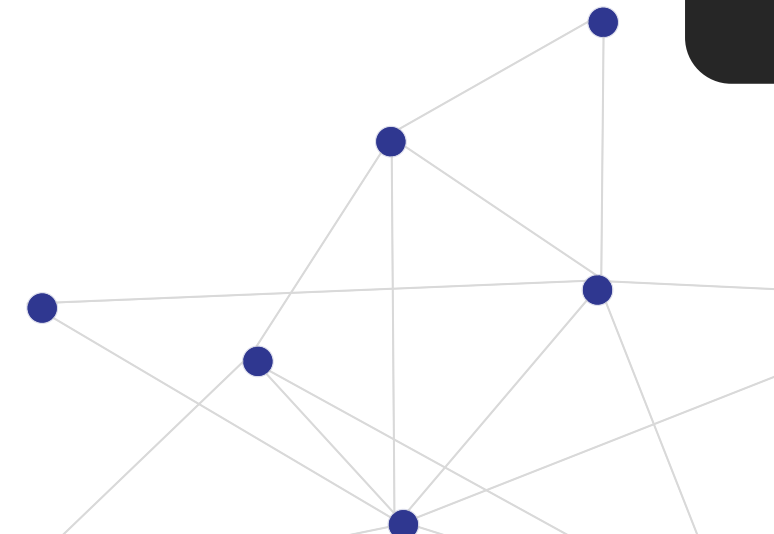
Gli scenari appena individuati sono stati presentati e raffinati sui singoli stakeholder dell'ecosistema salute (healthcare provider, pazienti, aziende life science, società scientifiche, centrali di acquisto ed enti della supply chain), al fine di comprenderne i possibili impatti secondo la relativa probabilità di accadimento in un orizzonte temporale di 5 e 10 anni. Di seguito si riportano gli impatti nei diversi scenari.




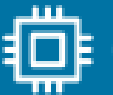
FASE 4 – Sviluppo ed integrazione del sistema

		Impatto			Probabilità di accadimento		
Stakeholder	Micro-scenario	Basso	Medio	Alto	Improbabile	Abbastanza probabile	Molto probabile
Healthcare provider	La clinical workforce non riporrà piena fiducia nei sistemi che utilizzano l'AI, considerandoli in alcuni casi d'ostacolo nel rapporto tradizionale medico-paziente. L'AI si affermerà mainstream nell'automazione dei processi e nello svolgimento di attività amministrative – es. automazione pagamenti, lettura di documenti ed estrazione dati – o nel miglioramento del processo diagnostico – es. applicazioni del deep-learning ai sistemi di imaging all'interno del RIS - PACS e del CIS. Non saranno colte in pieno le promesse e le potenzialità che caratterizzano l'AI quali, ad esempio, virtual assistant, sistemi di supporto decisionale e di interazione medico-paziente a distanza.				5 anni		
					10 anni		
Pazienti	Nasceranno nuovi sistemi patient-oriented (es. app per tracciare l'avanzamento del proprio stato di salute, sistemi di autodiagnosi tramite fotocamera o questionari di autovalutazione), e i pazienti cercheranno sempre maggiore coinvolgimento nel processo di cura. Tuttavia, tale trend non sarà pienamente colto a causa dei limiti sulla qualità dei dati e sull'accettabilità dei medici (es. i dati raccolti tramite le app non saranno pronti per essere integrati tra i dati clinici dei pazienti).				5 anni		
					10 anni		
Aziende life science	Le aziende del comparto LS non utilizzeranno l'AI per cambiare in maniera pervasiva il loro modello di business a causa della diffidenza dei medici e delle difficoltà di applicazione pratica. Altri soggetti diversi potrebbero però entrare sul mercato consumer sfruttando la propensione all'uso dell'AI che si diffonderà tra i pazienti. In alcuni casi la difficoltà di replicare le performance dimostrate dagli algoritmi in vitro anche in vivo (ossia all'interno dell'ambiente di lavoro reale) ostacolerà soprattutto in ambito diagnostico utilizzi spinti dell'AI.				5 anni		
					0 anni		

**Scenario illusione:
micro-scenari probabilità a 5 e 10 anni**



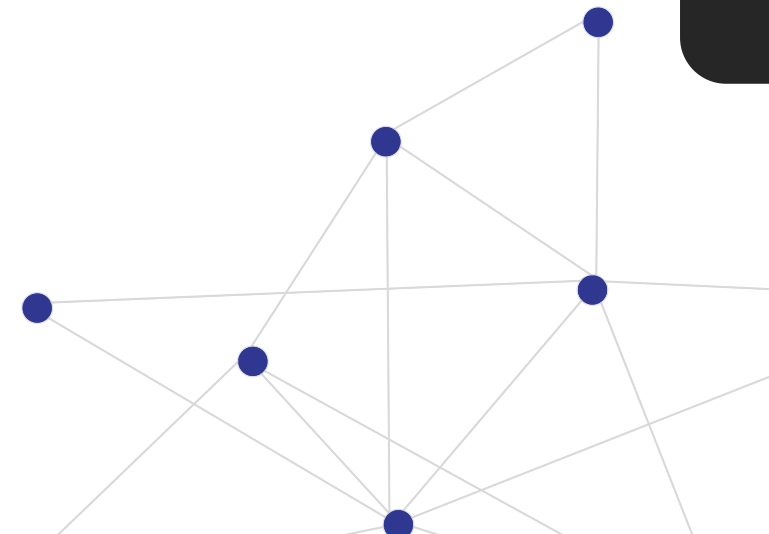
FASE 4 – Sviluppo ed integrazione del sistema

 		Impatto			Probabilità di accadimento		
Stakeholder	Micro-scenario	Basso	Medio	Alto	Improbabile	Abbastanza probabile	Molto probabile
Società scientifiche	Le società scientifiche e il mondo della ricerca non considereranno centrale l'AI in sanità nella definizione di linee guida e protocolli, né nella estrazione di evidenze consolidate dalla grande mole di lavori in letteratura scientifica. Un numero limitato di studi di Health Technology Assessment (HTA) sarà collegato all'AI al fine di cogliere legami tra la tecnologia e l'outcome derivante. La comunità scientifica non spingerà in maniera significativa l'adozione di queste tecnologie all'interno dei propri protocolli e raccomandazioni.		●			5 anni	
						10 anni	
Supply chain	L'AI non rappresenterà una voce di spesa significativa per i soggetti aggregatori pubblici e continuerà a essere acquistata dai singoli ospedali oppure incorporata in acquisti di tecnologie a più ampio spettro. In altre parole l'AI si affermerà più come funzionalità a corollario che non come tecnologia abilitante.		●		●	5 anni	
					●	10 anni	

FASE 4 – Sviluppo ed integrazione del sistema

Stakeholder	Micro-scenario	Impatto			Probabilità di accadimento		
		Basso	Medio	Alto	Improbabile	Abbastanza probabile	Molto probabile
Healthcare provider	Gli healthcare provider disporranno maggiori risorse in progetti che contemplano tali tecnologie. La workforce clinica utilizzerà tali tecnologie e le richiederà. Oltre all'affermarsi nell'automazione dei processi e nello svolgimento di attività amministrative, si svilupperanno progettualità di più ampio spettro che coinvolgeranno l'intero processo clinico-assistenziale realizzando ad esempio sistemi di telemedicina e virtual assistant a letto del paziente.			●	5 anni ●		
						10 anni ●	
Pazienti	Alcuni pazienti beneficeranno in maniera significativa dell'AI, in funzione delle nicchie in cui la stessa si affermerà come standard de facto. I pazienti saranno sempre più coinvolti nel processo clinico-assistenziale e si assisterà a un inizio di riconfigurazione del rapporto medico-paziente e un miglioramento dell'accesso alla sanità (es. la telemedicina diminuirà le liste d'attesa e si configurerà come una nuova modalità di accesso). Tuttavia, l'AI non sarà ancora mainstream e non si svilupperanno le applicazioni più innovative a causa dei limiti sulla qualità dei dati.			●	5 anni ●		
						10 anni ●	
Aziende life science	Le aziende del comparto LS cominceranno a utilizzare l'AI per cambiare il loro modello di business grazie all'accettabilità e alla spinta da parte di medici e pazienti. Tuttavia la qualità del dato non sarà ancora considerata fondamentale portando così ad applicazioni in alcuni ambiti specifici (es. telemedicina/virtual assistant al letto paziente) senza ancora raggiungere le applicazioni più innovative (es. sistemi di supporto decisionale). I produttori si concentreranno in ambiti specifici in funzione della loro readiness complessiva e profittabilità.		●		5 anni ●		
						10 anni ●	
Società scientifiche	Le società scientifiche e il mondo della ricerca, spinti da medici e pazienti, cominceranno a definire linee guida riguardanti alcune applicazioni di nicchia dell'AI in sanità (es. sistemi di teleconsulto). Un numero crescente di studi di Health Technology Assessment (HTA) sarà collegato all'AI al fine di cogliere legami tra la tecnologia e l'outcome derivante, ma non sempre saranno soddisfacenti a causa della scarsa qualità dei dati.		●		5 anni ●		
						10 anni ●	
Supply chain	L'AI sarà una voce di spesa più rilevante per i soggetti aggregatori pubblici. Tuttavia, continuerà a essere acquistata dai singoli ospedali per alcuni ambiti specifici. Non si prevedono gare centralizzate a livello regionale e/o nazionale.		●		5 anni ●		
						10 anni ●	

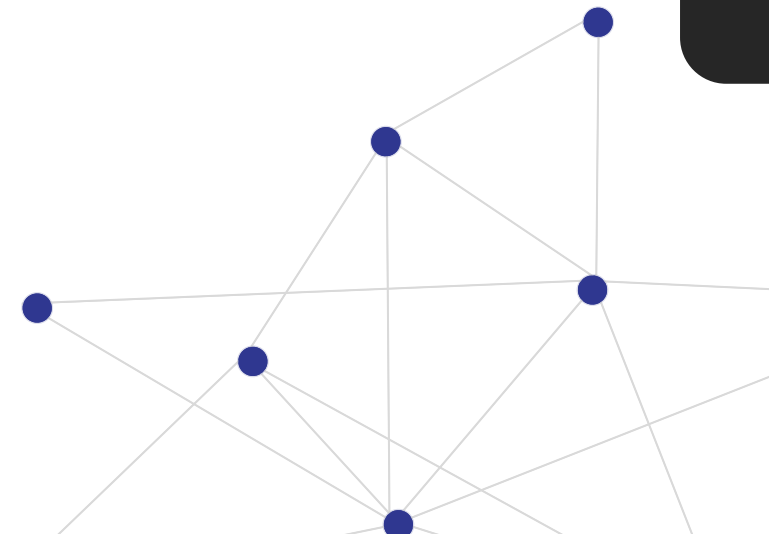
Scenario selezione: micro-scenari e probabilità a 5 e 10 anni







FASE 4 – Sviluppo ed integrazione del sistema

Stakeholder	Micro-scenario	Impatto			Probabilità di accadimento		
		Basso	Medio	Alto	Improbabile	Abbastanza probabile	Molto probabile
Healthcare provider	Gli healthcare provider disporranno maggiori risorse in progetti che contemplano sistemi di AI. Gli acquisti caratterizzeranno tutte le fasi del processo clinico-assistenziale, dalla prevenzione alla diagnosi fino alla cura e la presa in carico nel tempo. Tuttavia, la scarsa fiducia riposta verso tali sistemi dalla workforce clinica non permetterà una diffusione omogenea del fenomeno in tutta Italia e porterà alla nascita di alcuni centri tecnologicamente avanzati. L'AI diventerà mainstream in alcuni task (soprattutto l'automazione delle attività amministrative), portando in alcuni casi all'«abuso», in cui gli ingenti acquisti di AI non restituiranno né incrementi di efficienza, né tagli di spesa, né maggiore qualità delle cure o esiti migliori, se non sfruttati in maniera consapevole.		●		●	5 anni	
					●	10 anni	
Pazienti	I pazienti potranno scegliere se rivolgersi ai modelli di sanità tradizionale o ai nuovi modelli attraverso i singoli centri tecnologicamente avanzati basati sull'utilizzo dell'AI. I pazienti, in questi centri, beneficeranno dell'AI ottenendo un maggiore coinvolgimento nel processo clinico-assistenziale e un miglioramento dell'accesso alla sanità (es. la telemedicina diminuirà le liste d'attesa e si configurerà come una nuova modalità di accesso).		●		●	5 anni	
					●	10 anni	
Aziende life science	Le aziende del comparto LS implementeranno strategie di Data Quality Management per ottenere un'elevata qualità del dato al fine del miglioramento delle performance di tali sistemi. Molta attenzione sarà rivolta alla cyber security e alla protezione dei dati. Gli investimenti sulla qualità del dato avranno anche l'obiettivo di offrire sempre maggiori garanzie alla workforce clinica per poter aumentare il consenso verso i propri prodotti.		●		●	5 anni	
					●	10 anni	
Società scientifiche	Le società scientifiche e il mondo della ricerca, spinti dall'utilizzo crescente della tecnologia, cominceranno a definire linee guida riguardanti le applicazioni dell'AI in sanità. Un numero crescente di studi di Health Technology Assessment (HTA) sarà collegato all'AI al fine di cogliere legami tra la tecnologia e l'outcome derivante.		●		●	5 anni	
					●	10 anni	●
Supply chain	L'AI sarà una voce di spesa rilevante per i soggetti aggregatori pubblici. Nasceranno le prime gare di evidenza pubblica a livello regionale per l'acquisto di sistemi di AI, soprattutto per l'automazione di alcuni task amministrativi. Tuttavia, i progetti di più ampia portata continueranno a essere gestiti dai singoli ospedali che diventeranno dei centri tecnologicamente avanzati.			●	●	5 anni	
					●	10 anni	●

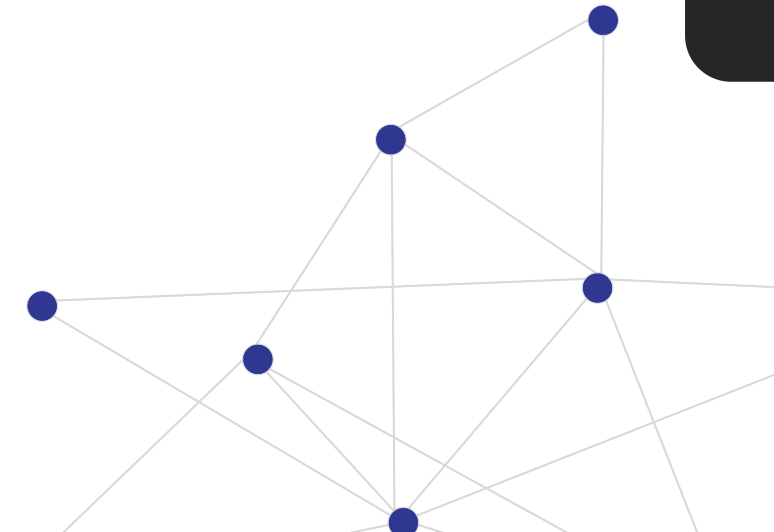
Scenario competizione: micro-scenari e probailità a 5 e 10 anni



FASE 4 – Sviluppo ed integrazione del sistema


   		Impatto			Probabilità di accadimento		
Stakeholder	Micro-scenario	Basso	Medio	Alto	Improbabile	Abbastanza probabile	Molto probabile
Healthcare provider	<p>Gli healthcare provider disporranno maggiori risorse in progetti che contemplano sistemi di AI e questa diverrà driver di efficientamento e di vantaggio competitivo riconosciuto dal mercato. La workforce clinica utilizzerà tali tecnologie e le richiederà. Oltre all'affermarsi nell'automazione dei processi e nello svolgimento di attività amministrative, si svilupperanno progettualità di più ampio spettro che coinvolgeranno l'intero processo clinico-assistenziale realizzando ad esempio sistemi di telemedicina e virtual assistant a letto del paziente. I sistemi di supporto decisionale clinico diventeranno uno standard. L'interoperabilità tra le fonti permetterà anche di migliorare l'efficienza delle strutture (es. le app e i virtual assistant dei pazienti permetteranno di meglio discernere i casi critici o complessi grazie al monitoraggio continuo e all'accesso all'intera storia clinica del paziente).</p>			●	5 anni		
				●	10 anni		
Pazienti	<p>I pazienti saranno sempre più coinvolti nel processo clinico-assistenziale e si assisterà a una riconfigurazione del rapporto medico-paziente e un miglioramento dell'accesso alla sanità (es. la telemedicina diminuirà le liste d'attesa e si configurerà come una nuova modalità di accesso, soprattutto per le prime visite o il follow-up). Il paziente interagirà sempre più con le tecnologie (es. i virtual assistant permetteranno il monitoraggio quotidiano dello stato di salute e l'individuazione delle emergenze).</p>			●	5 anni		
					10 anni	●	
Aziende life science	<p>Le aziende del comparto LS arricchiranno i propri prodotti attraverso la costruzione di veri e propri bouquet di servizi a valore aggiunto per i providers e per i pazienti. L'obiettivo sarà quello di utilizzare l'AI per migliorare l'utilizzo di farmaci e device attraverso il monitoraggio in tempo reale e l'utilizzo dei dati per la messa a punto di farmaci e device sempre più intelligenti e personalizzati.</p>			●	5 anni		
					10 anni	●	

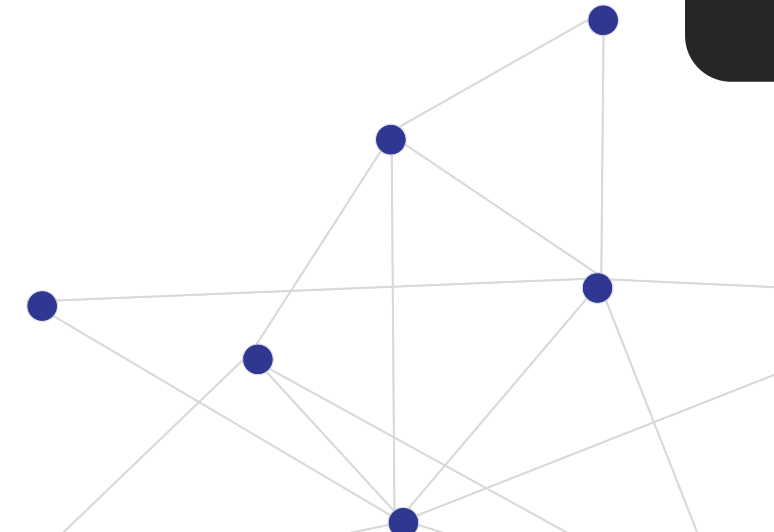
Scenario alleanza:
micro-scenari e probabilità a 5 e 10 anni



FASE 4 – Sviluppo ed integrazione del sistema

Scenario alleanza: micro-scenari e probabilità a 5 e 10 anni

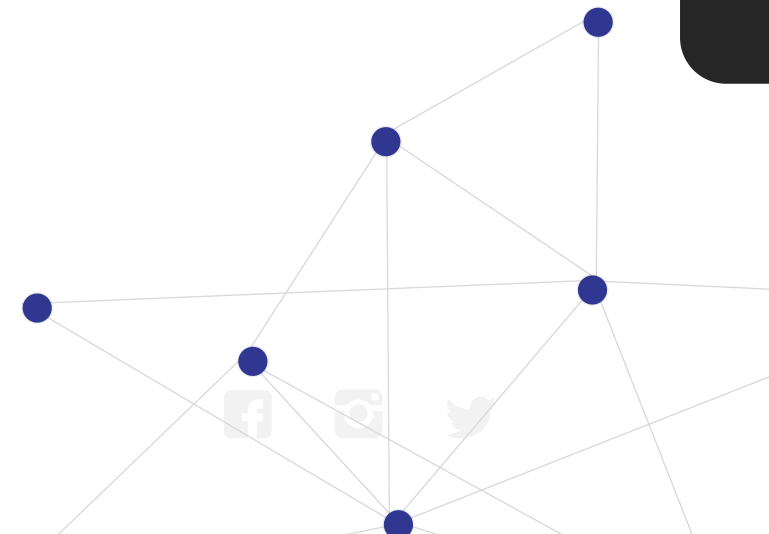
		Impatto			Probabilità di accadimento		
Stakeholder	Micro-scenario	Basso	Medio	Alto	Improbabile	Abbastanza probabile	Molto probabile
Società scientifiche	Le Università e le Società Scientifiche saranno coinvolte nel redesign dei corsi universitari al fine di sviluppare competenze tecniche nel settore AI. Nelle facoltà di medicina i futuri medici saranno preparati a interagire con queste tecnologie. Le Società Scientifiche definiranno nuove linee guida per l'utilizzo della tecnologia e saranno promotori di corsi di formazione per il personale sanitario per sviluppare e consolidare le competenze necessarie per l'utilizzo della tecnologia.			●	●	5 anni	
						●	10 anni
Supply chain	Grazie ai benefici introdotti dall'AI e alla diffusione della stessa, si assisterà a una profonda modifica nelle strategie di approvvigionamento che saranno sempre più guidate da algoritmi di previsione dei consumi legati a stagionalità, epidemiologia etc., dell'andamento dei prezzi. Anche la logistica sarà rivoluzionata dall'AI e porterà alla progressiva scomparsa di magazzini interni, grossisti e distributori e all'affermazione anche in questo campo di tech giant, come Amazon, anche in ambiti a elevata regolamentazione come farmaci e medical devices.			●	●	5 anni	
						●	10 anni



FASE 5- Validazione e sperimentazione sul campo e valorizzazione dell'innovazione

FASE 5

Denominazione Fase:	Validazione e sperimentazione sul campo e valorizzazione dell'innovazione
Tipo:	Sviluppo sperimentale
Soggetto Responsabile:	Università degli studi di Catania
Altri soggetti impegnati:	Nextra Consulting, Net Service, Delisa, Aucta Cognito, CERID

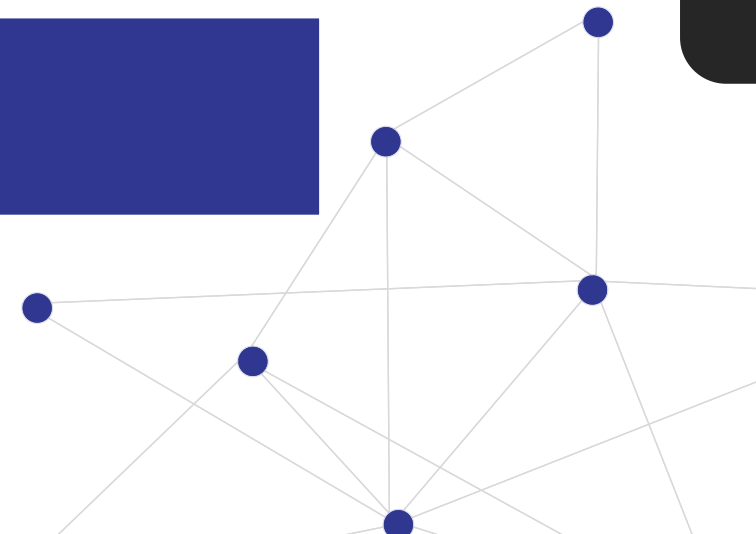


FASE 5- Validazione e sperimentazione sul campo e valorizzazione dell'innovazione

Definizione dell'architettura del sistema

Strategie per la valorizzazione dell'innovazione e potenziamento di absorptive capacity

Validazione del sistema sul campo



UNIVERSITÀ
degli STUDI
di CATANIA



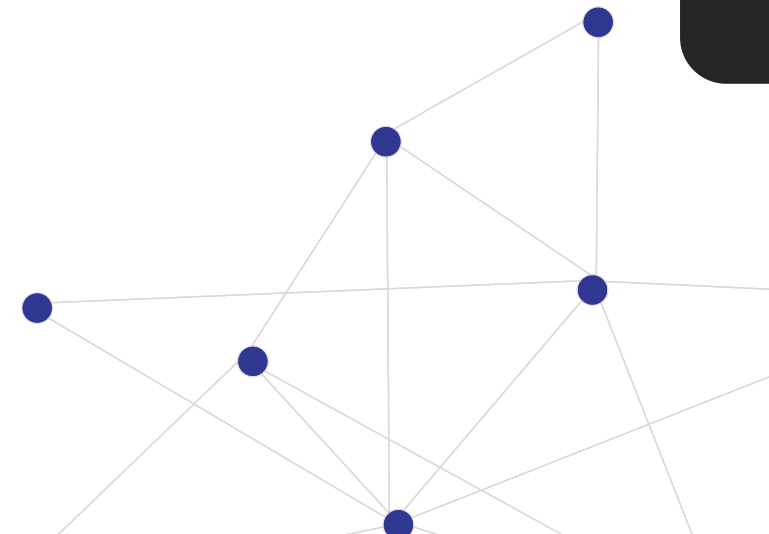
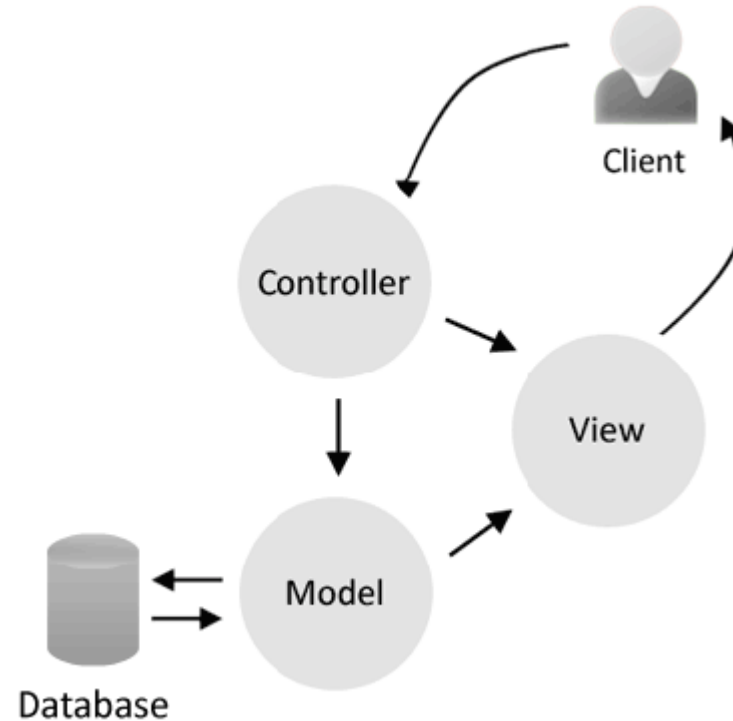
NextraConsulting

FASE 5- Validazione e sperimentazione sul campo e valorizzazione dell'innovazione

Definizione dell'architettura del sistema

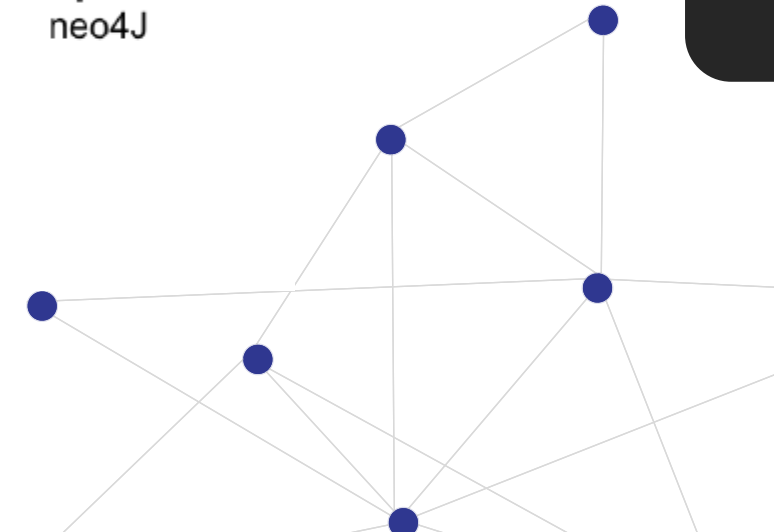
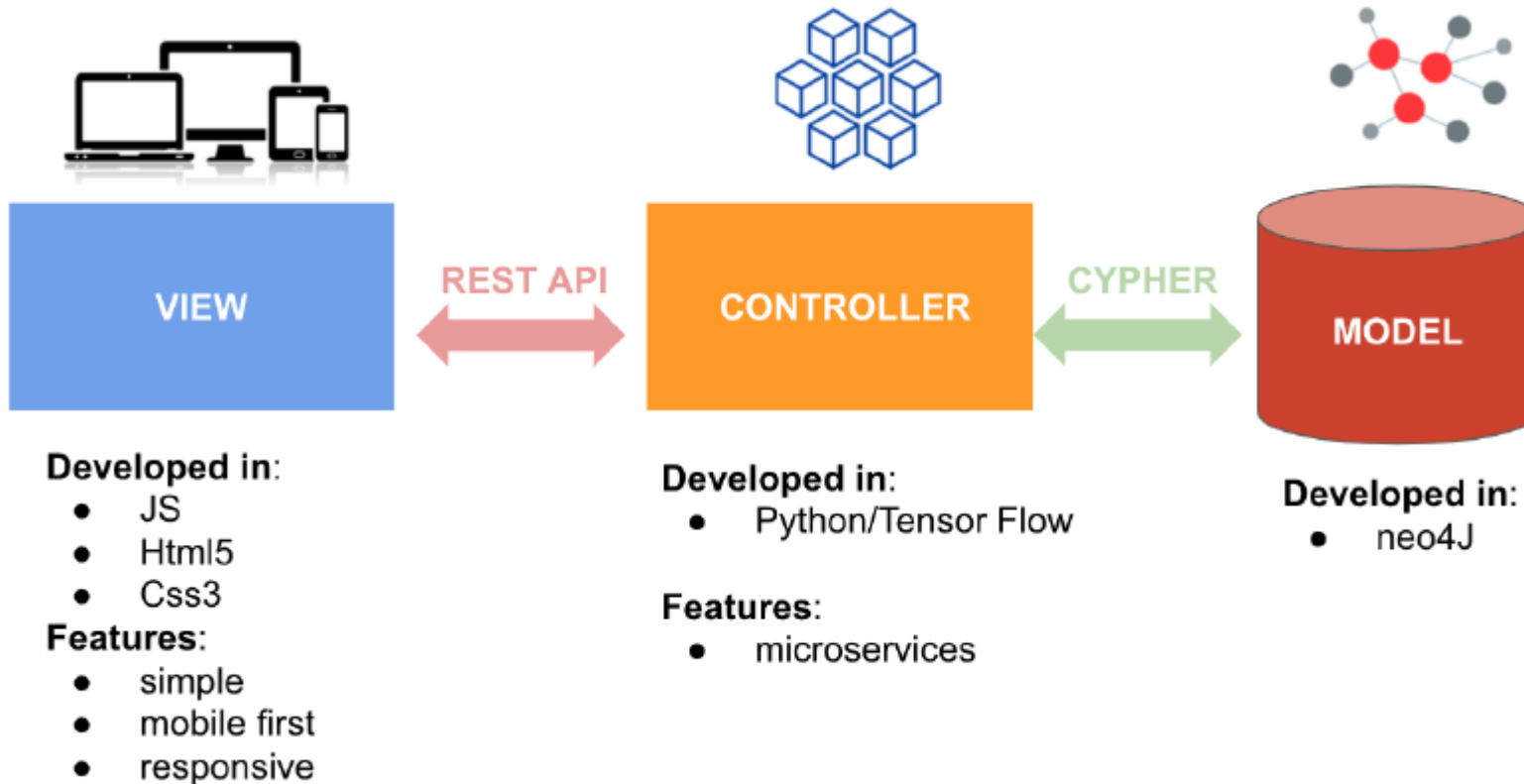
L'architettura segue un approccio a microservizi partizionato in tre parti:

- 1) **Model:** fornisce accesso ai dati
- 2) **View:** visualizzare i dati e interazione con utenti
- 3) **Controller:** riceve comandi dall'utente (tramite view) e interagisce con model e view per attuarli



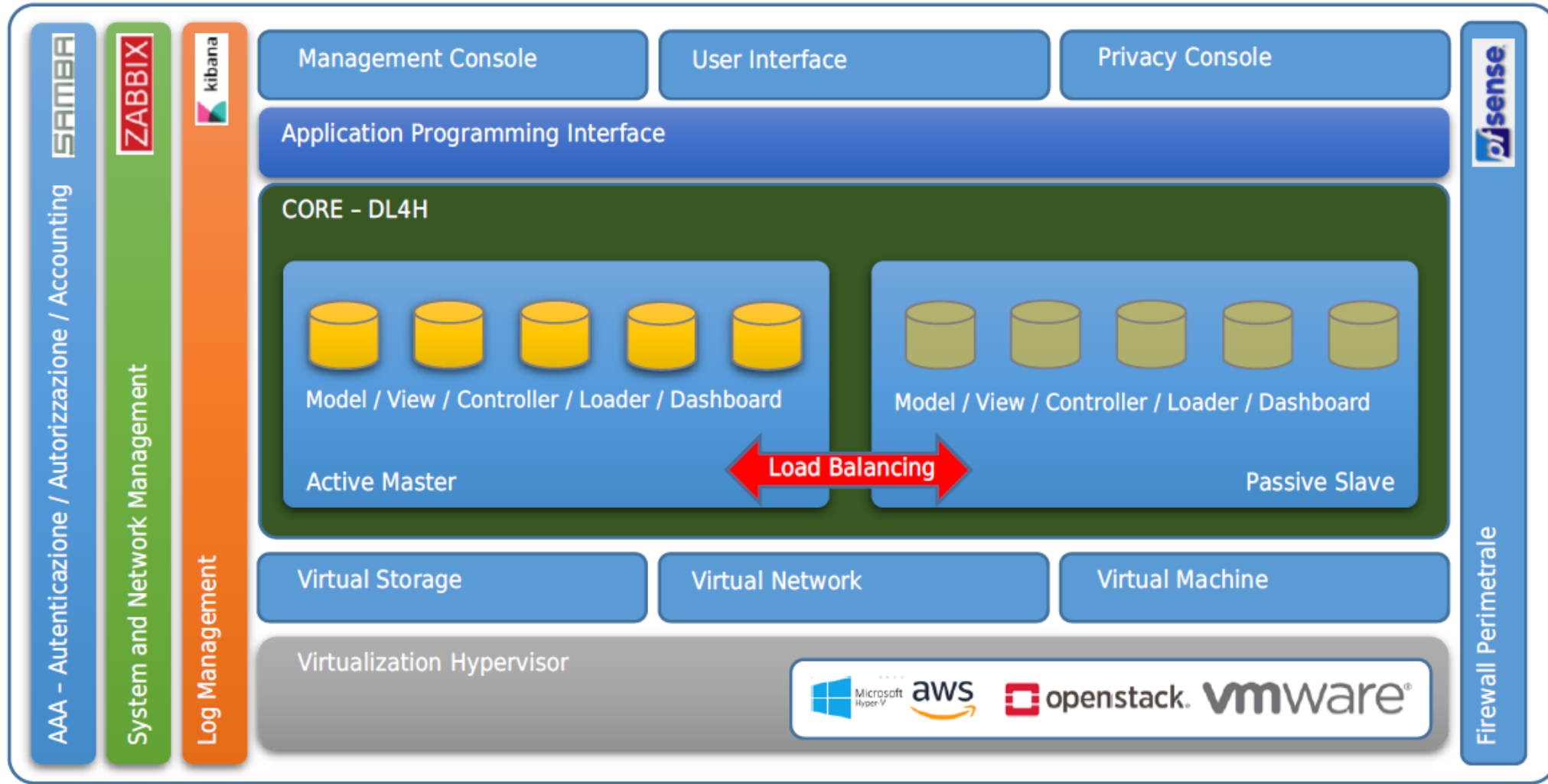
FASE 5- Validazione e sperimentazione sul campo e valorizzazione dell'innovazione

I livelli del modello MVC sono stati implementati mediante diversi prodotti software e tecnologie: JS, HTML5, CSS3 (view); Python, Tensorflow (controller); neo4J (model).



FASE 5- Validazione e sperimentazione sul campo e valorizzazione dell'innovazione

Layout Architettura Ecosistema ICT-DL4H



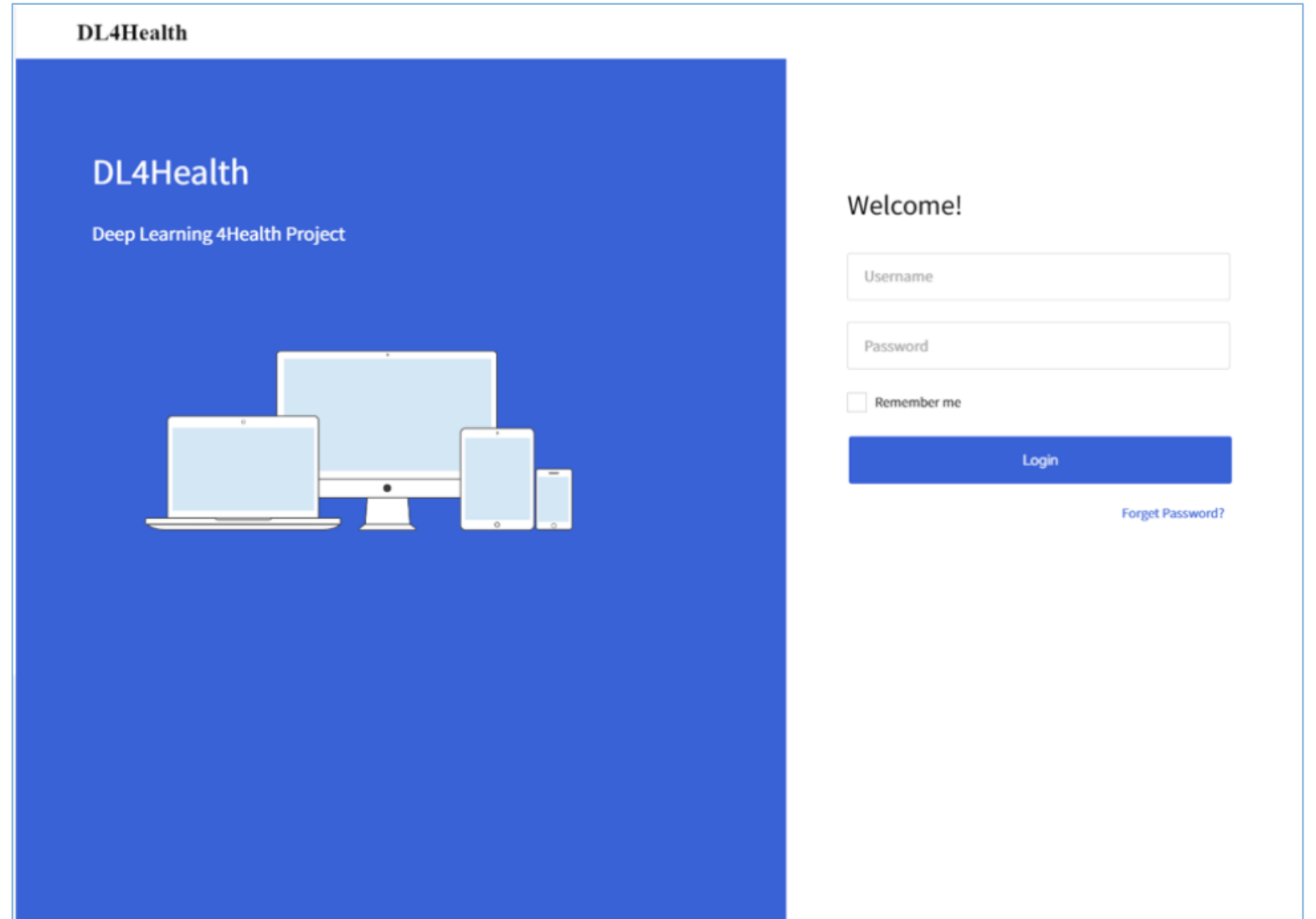
UNIVERSITÀ
degli STUDI
di CATANIA



FASE 5- Validazione e sperimentazione sul campo e valorizzazione dell'innovazione

Interfaccia Utente

- Organizzazione elementi grafici interattivi
- Collocazione dei contenuti
- Workflow utente per un processo
- Modalità di interazione utente-prodotto



DL4Health

DL4Health

Deep Learning 4Health Project

Welcome!

Username

Password

Remember me

Login

[Forgot Password?](#)

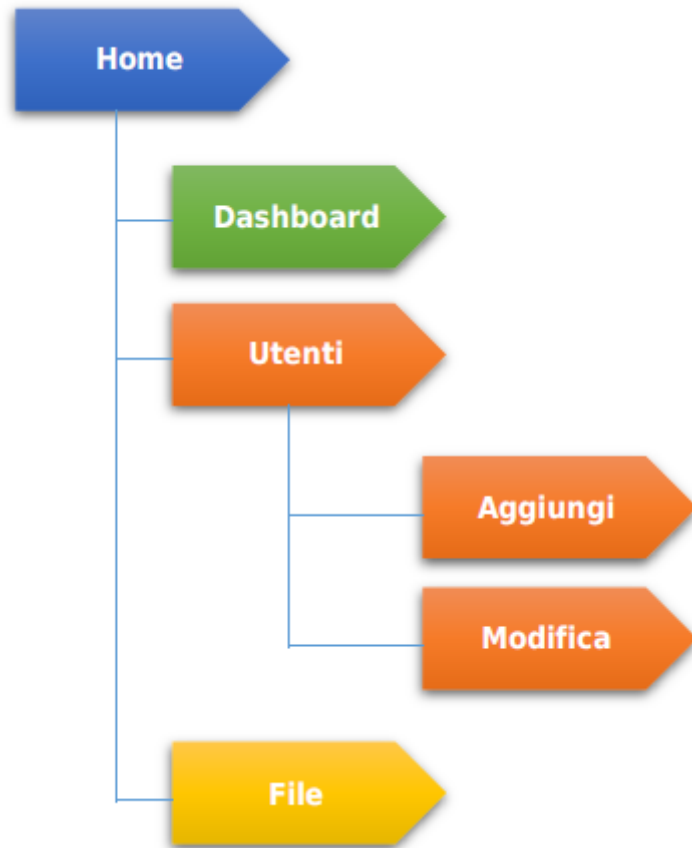
Figura 1: Pagina Login



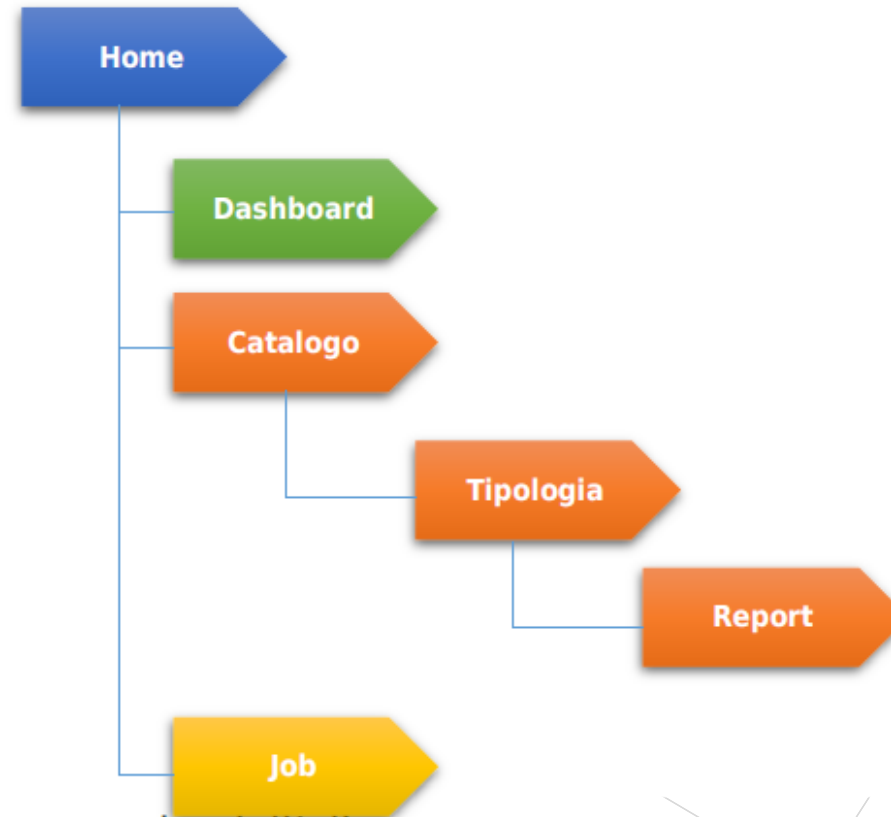
FASE 5- Validazione e sperimentazione sul campo e valorizzazione dell'innovazione

Il sistema prevede due tipi di utenti: admin (amministratore piattaforma) e medico (consultazione dati piattaforma ed elaborazioni di Machine Learning). Il sistema prevede una SiteMap diversificata per utente.

SiteMap Admin

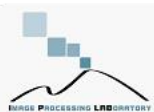
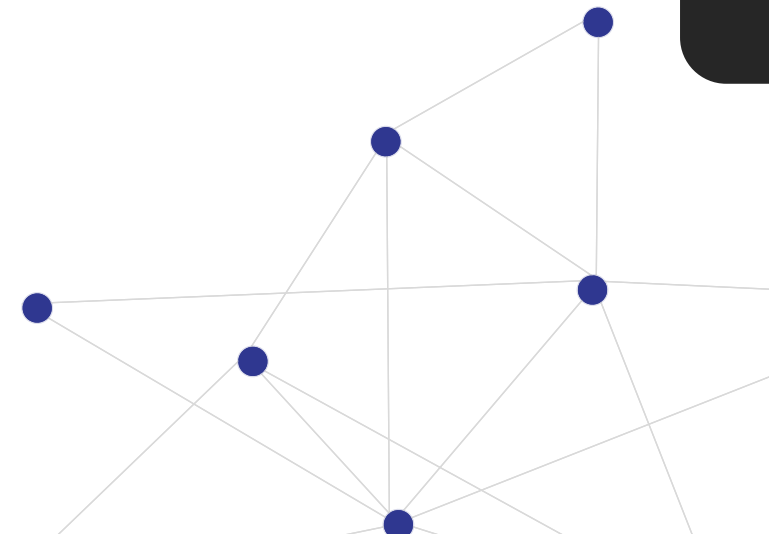
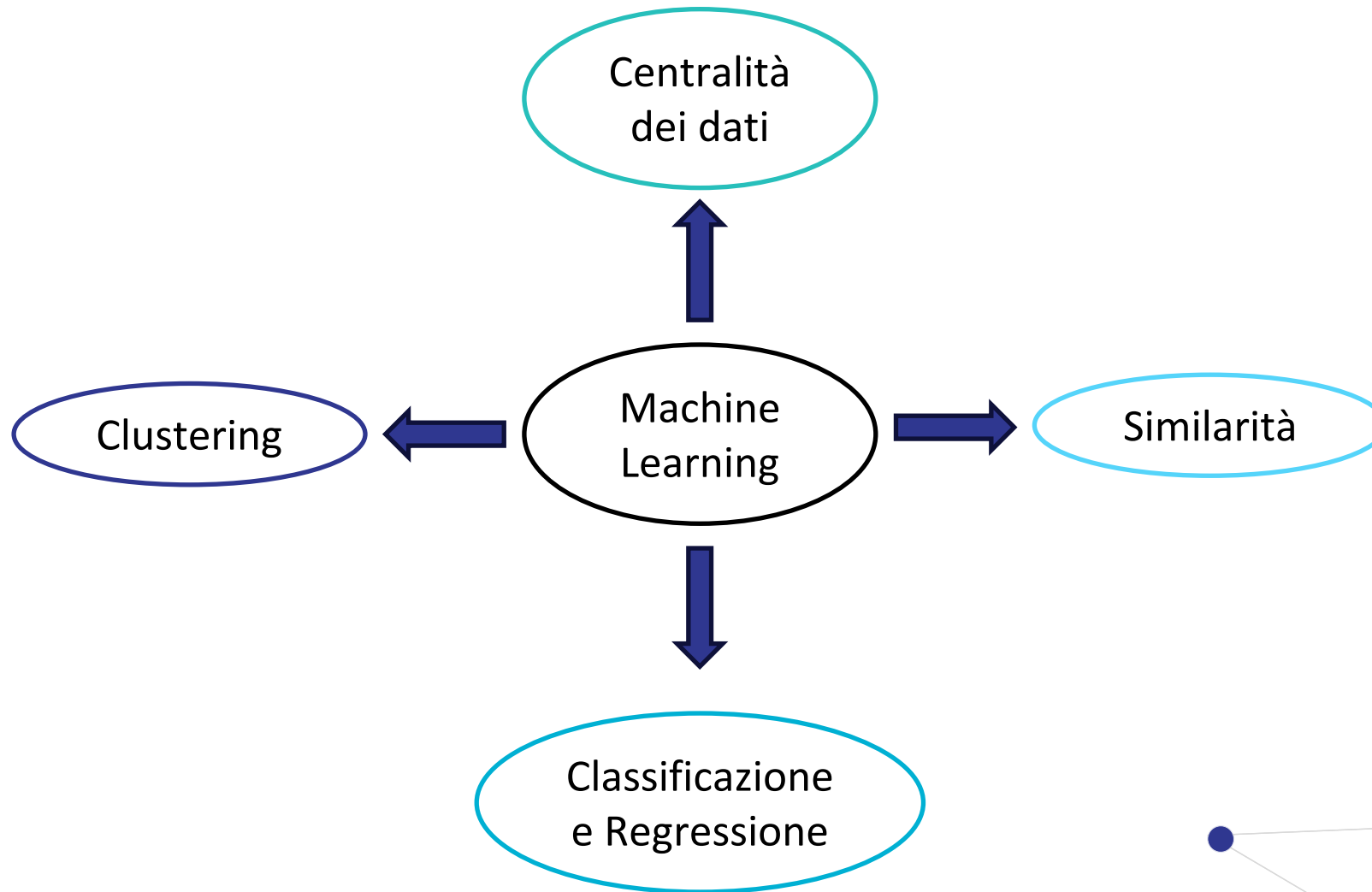


SiteMap Medico



FASE 5- Validazione e sperimentazione sul campo e valorizzazione dell'innovazione

Algoritmi di Machine Learning implementati



FASE 5- Validazione e sperimentazione sul campo e valorizzazione dell'innovazione

Strategie per la valorizzazione dell'innovazione e potenziamento di absorptive capacity

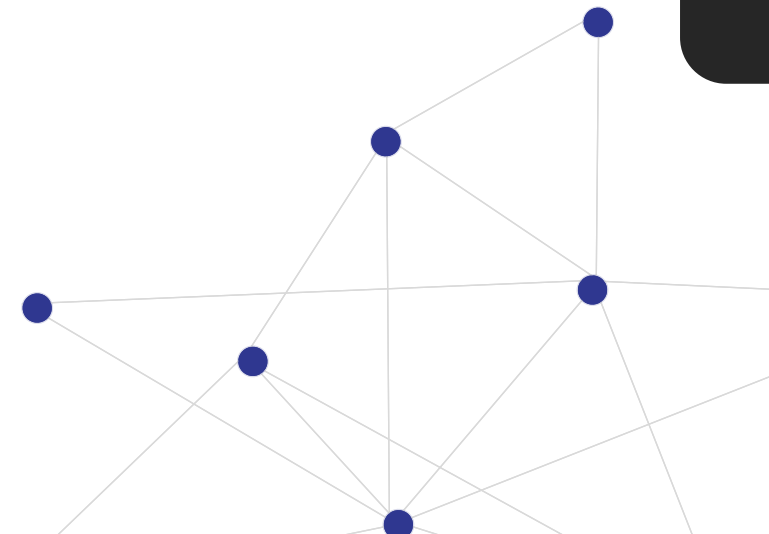
Obiettivo → definire strategie per la valorizzazione su larga scala dell'innovazione

Passi:

- Stimare il contributo e l'impatto in ambito e-health
- Analizzare strategie disponibili ed opzioni strategiche percorribili in termini di protezione della proprietà intellettuale ed il potenziamento dei processi di absorptive capacity

Strategie e strumenti:

- Il brevetto
- Open innovation
- Contratti di licenza per lo sfruttamento della conoscenza
- Definizione di spin-off della ricerca



UNIVERSITÀ
degli STUDI
di CATANIA



NextraConsulting

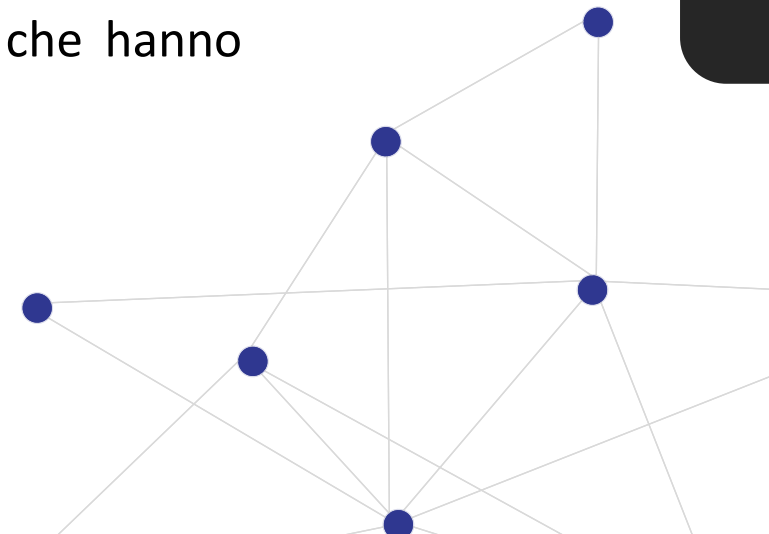
FASE 5- Validazione e sperimentazione sul campo e valorizzazione dell'innovazione

Tutela dei Diritti di Proprietà Intellettuale (DPI)

Le industrie ad alta intensità dei diritti di proprietà intellettuale
+29,2% di posti di lavoro nell'Unione Europea nel periodo 2014-2016
+ 38,9% di tutti i posti di lavoro nell'UE può essere attribuito, alle industrie ampiamente basate sui DPI;
il 45 % del PIL nell'UE è attribuibile alle industrie basate sui DPI, per un valore di 6 600 miliardi di EUR;
Le industrie basate sui DPI hanno contribuito al mantenimento equilibrato del commercio estero dell'UE

Fonte: EUIPO, (2019).

È possibile contestualizzare tale rilevanza del contributo offerto dai DPI anche in riferimento al progetto DL4HEALTH in quanto le invenzioni basate sul IA che hanno carattere tecnico possono essere oggi oggetto di brevetto.

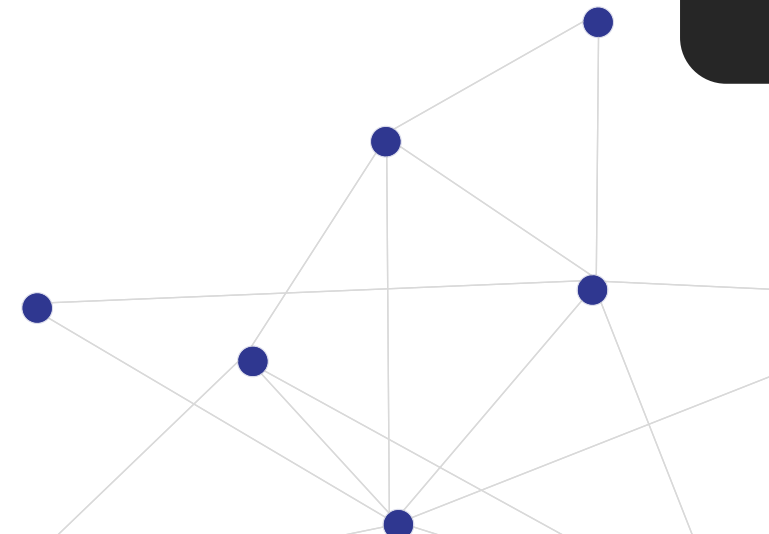


UNIVERSITÀ
degli STUDI
di CATANIA

FASE 5- Validazione e sperimentazione sul campo e valorizzazione dell'innovazione

Tutela dei Diritti di Proprietà Intellettuale (DPI)

I contratti di licenza possono rappresentare un valido strumento in grado di produrre una molteplicità di effetti diversi se adottato dai partner coinvolti nel progetto a livello strategico. In particolare, il contratto di licenza volto alla facilitazione dei flussi di conoscenza all'interno del partenariato e alla creazione di sinergie con altri attori del territorio



UNIVERSITÀ
degli STUDI
di CATANIA



NextraConsulting

FASE 5- Validazione e sperimentazione sul campo e valorizzazione dell'innovazione

Absorptive Capacity & Open Innovation

La relazione tra **absorptive capacity** e **open innovation** si manifesta nel contesto dell'e-health attraverso progetti come DL4HEALTH, che utilizzano dati per consentire l'accesso a una vasta base di conoscenze e adattarsi ai rapidi cambiamenti, migliorando così le capacità di valutazione e integrazione delle nuove idee per creare valore competitivo.

Questa sinergia favorisce la generazione di nuovi servizi all'avanguardia, allineando le esigenze degli utenti con le capacità delle imprese nel contesto di un settore in forte evoluzione tecnologica e crescente domanda, dove l'open innovation gioca un ruolo cruciale nel soddisfare le necessità dei consumatori e nel creare vantaggio competitivo.



FASE 5- Validazione e sperimentazione sul campo e valorizzazione dell'innovazione

Obiettivo della piattaforma ICT DL4HEALTH:

Identificare, in modo autonomico, l'interdipendenza statistica tra serie di dati (provenienti da domini di attività eterogenei) non direttamente individuabili dalle normali conoscenze degli esperti di dominio, con un focus su due aspetti chiave dal carattere fortemente innovativo:

1. La (re)strutturazione multidimensionale, dinamica e autonoma, dei dati
2. La ricerca di correlazioni e cross-correlazioni basata su algoritmi bio-ispirati di computazione evolutiva capaci di operare strategie di data analysis ad elevato carico computazionale

Il risultato è un innovativo prototipo che adotta tecnologie di Deep Learning per supportare il personale sanitario nel processo diagnostico e decisionale. Tale progetto rappresenta un elemento di novità in grado di incrementare i dati sull'innovazione della regione Sicilia e del settore di riferimento.



UNIVERSITÀ
degli STUDI
di CATANIA



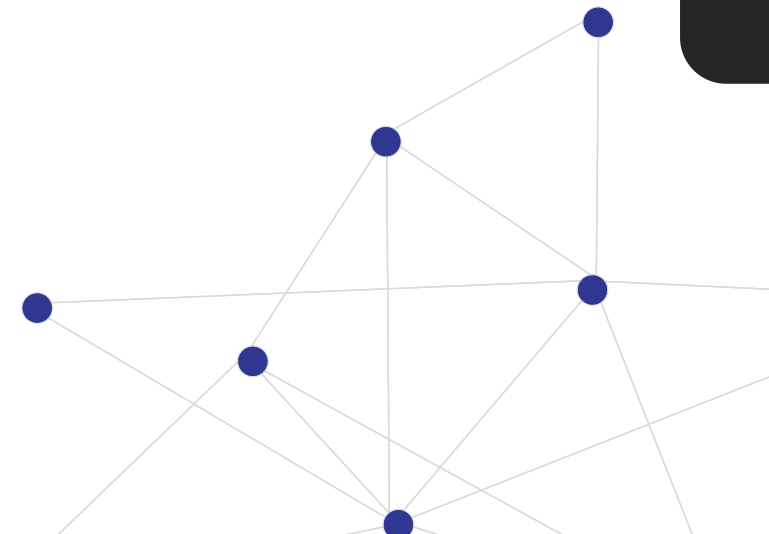
NextraConsulting

FASE 5- Validazione e sperimentazione sul campo e valorizzazione dell'innovazione

Validazione del sistema

L'applicazione di tecnologie di Deep Learning per l'analisi dei dati nel settore medico-sanitario ha permesso lo sviluppo di diverse applicazioni:

- ricerca ed eliminazione di artefatti che possono causare valutazioni errate o attivazione di falsi allarmi
- Interpretazione di un singolo canale per mezzo del confronto con distribuzioni statistiche o attraverso il riconoscimento di patterns
- Ricerca di correlazioni tra segnali con diverse tecniche
- Ricerca di correlazioni con informazioni contestuali sul paziente

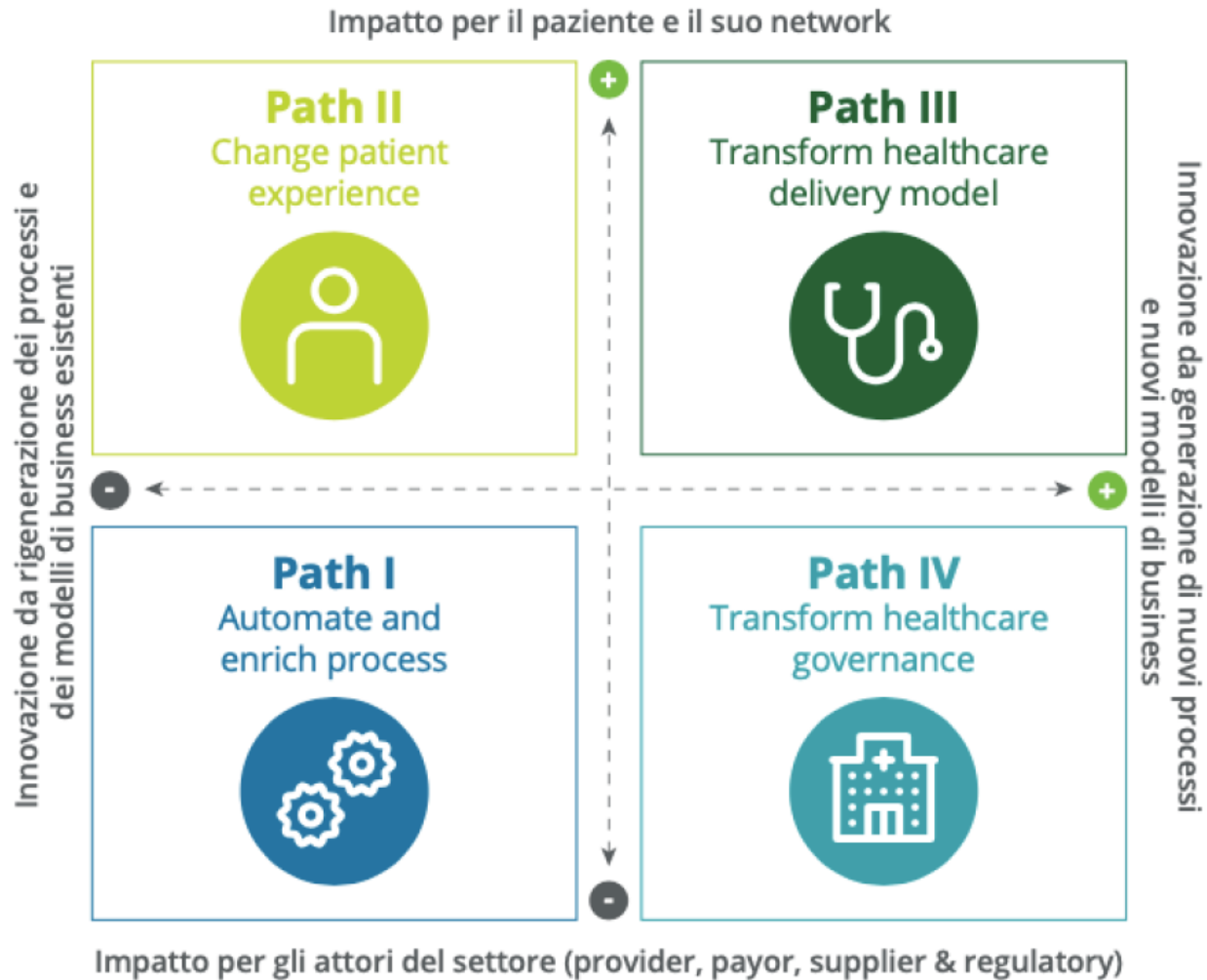


UNIVERSITÀ
degli STUDI
di CATANIA



NextraConsulting

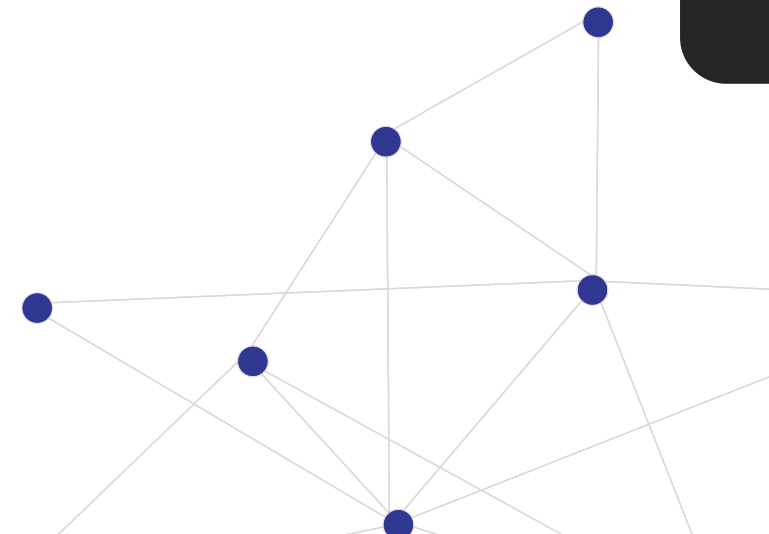
FASE 5- Validazione e sperimentazione sul campo e valorizzazione dell'innovazione



AI Health Care Industry Framework

Opportunità dell'AI in sanità:

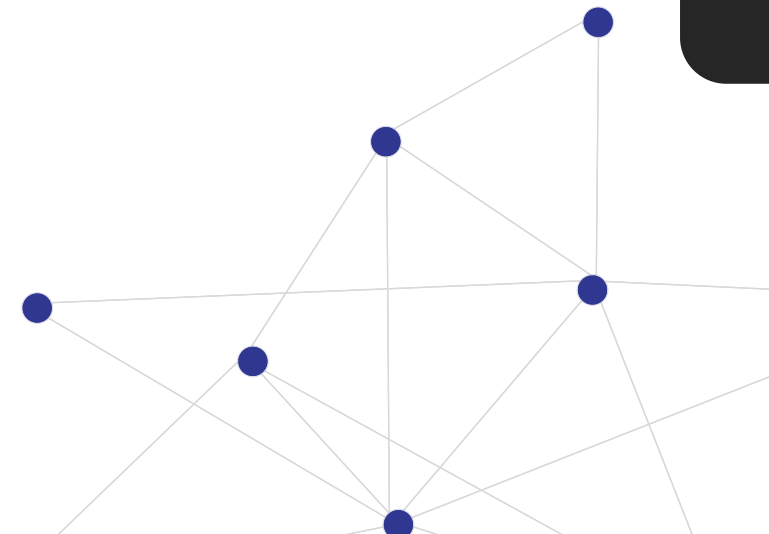
- 1) Automate and enrich process
- 2) Change patient experience
- 3) Transform healthcare delivery model
- 4) Transform healthcare governance



FASE 5- Validazione e sperimentazione sul campo e valorizzazione dell'innovazione



La sperimentazione è stata effettuata presso il reparto Emato-Oncologia Pediatrica dell'A.O.U. Policlinico-G. Rodolico di Catania



UNIVERSITÀ degli STUDI di CATANIA



NextraConsulting

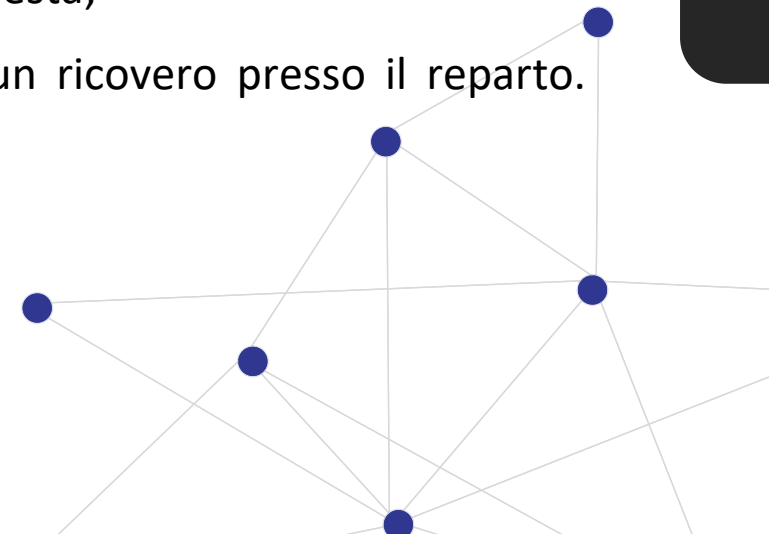
FASE 5- Validazione e sperimentazione sul campo e valorizzazione dell'innovazione

Il sistema presenta un set di report predefiniti (catalogo), inoltre ciascun utente può personalizzare la sua dashboard.

- Analisi dei trasferimenti di ricoveri dal reparto di Onco-Ematologia Pediatrica ad altri reparti
 - o Trasferimenti verso reparto di malattie infettive;
 - o Trasferimenti verso reparto di terapia intensiva o semi-intensiva;
- Analisi dei ricoveri del reparto:
 - o Analisi dei risultati in periodo Covid-19;
 - o Analisi dei risultati ante Covid-19;
- Correlazione tra infezioni registrati ed applicazione di emoderivati;
- Analisi dei tempi di consegna di referto di Laboratorio Analisi rispetto alla data di richiesta;
- Analisi dell'evoluzione delle diagnosi per ciascun paziente che ha avuto almeno un ricovero presso il reparto.

Analisi sullo sviluppo del diabete: tempistiche dalla prima diagnosi.

- Analisi della residenza dei soggetti con provenienza ricovero da altri istituti



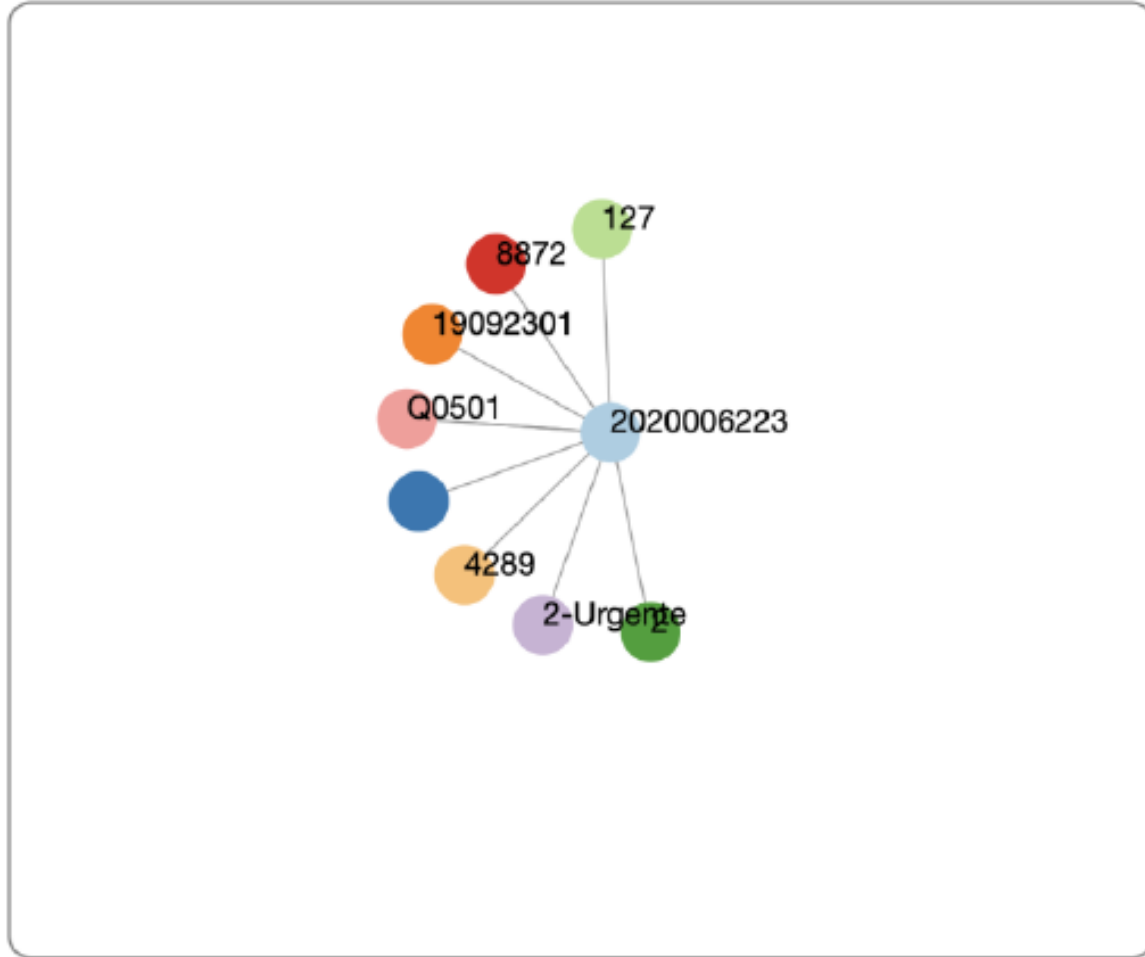
UNIVERSITÀ
degli STUDI
di CATANIA



NextraConsulting

FASE 5- Validazione e sperimentazione sul campo e valorizzazione dell'innovazione

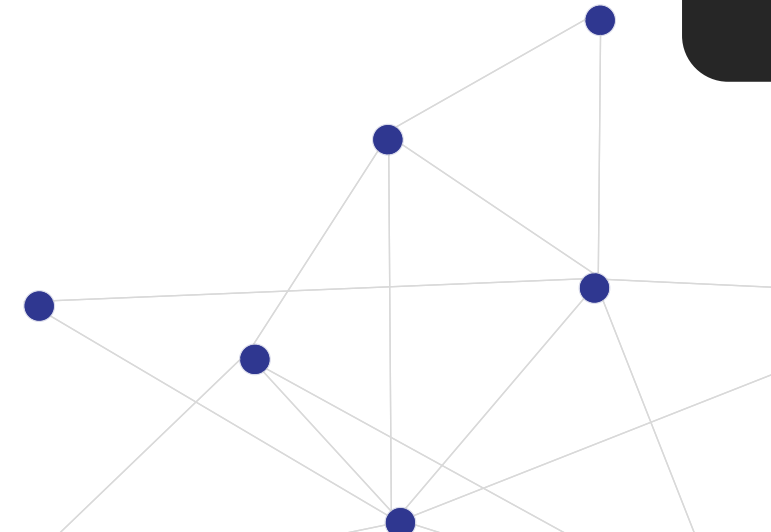
Grafico



Legenda dei colori

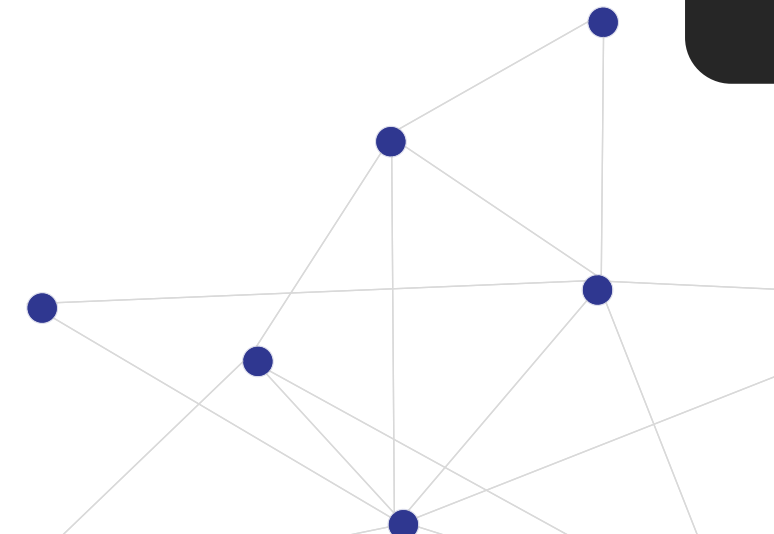
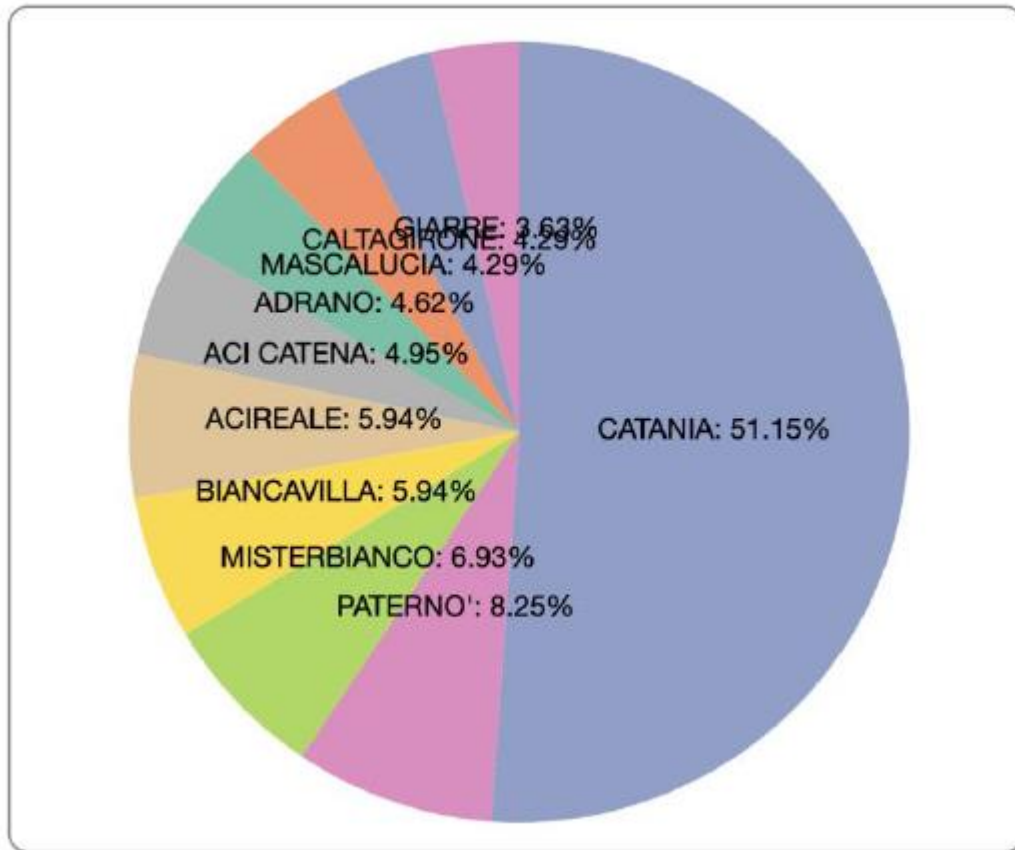
- Ricovero
- DayHospital
- DRG
- ReportDimissione
- UnitaOperativa
- InterventiProcedure
- Diagnosi
- Struttura
- ModelloRicovero

La visualizzazione a grafo permette di visualizzare facilmente le correlazioni tra dati provenienti da fonti differenti.



FASE 5- Validazione e sperimentazione sul campo e valorizzazione dell'innovazione

La vista a torta permette di ricevere un'informazione immediata della suddivisione del dato.



UNIVERSITÀ
degli STUDI
di CATANIA

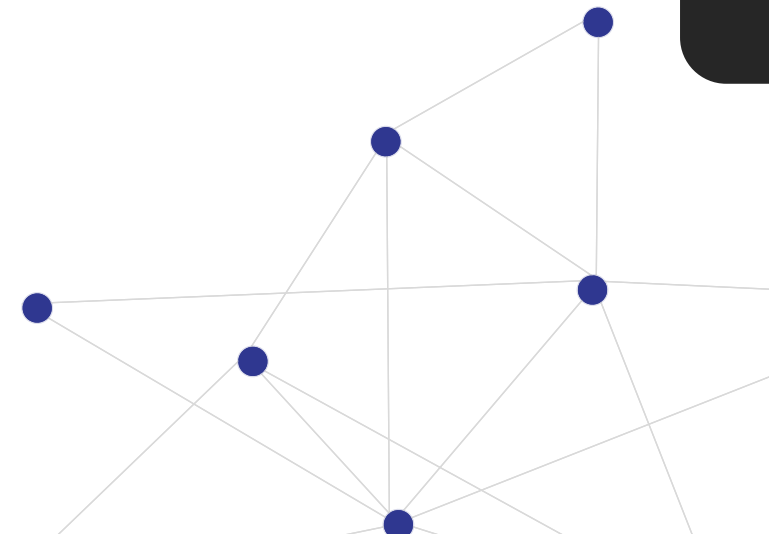


FASE 5- Validazione e sperimentazione sul campo e valorizzazione dell'innovazione

Il formato tabellare permette di visualizzare le informazioni con più dettagli rispetto alle modalità illustrate precedentemente. Pertanto si presta per report che necessitano un'analisi dettagliata, attenta e in cui le correlazioni tra i dati sono già note.

Paziente	DataRicovero	TipoDiagnosi	Diagnosi
9058556710615807502	2016-10-24	primaria	Distacco della retina con rottura retinica, non specificato
9058556710615807502	2017-03-06	primaria	Altre affezioni del corpo vitreo

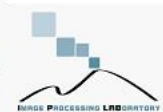
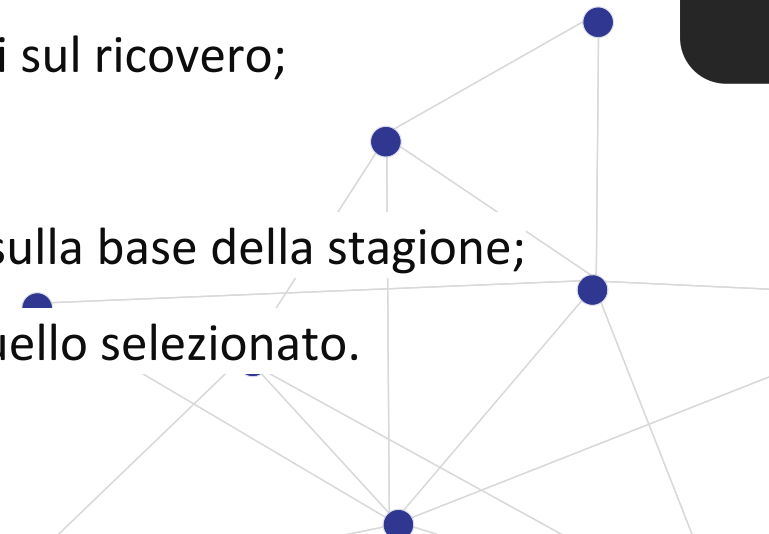
« Precedente 1 Successivo »



FASE 5- Validazione e sperimentazione sul campo e valorizzazione dell'innovazione

La sezione “Job” riformula la mole di dati secondo algoritmi di Deep Learning e fornisce servizi avanzati di analisi.

- Utilizzo di misure di centralità per rilevare nodi rilevanti all'interno della rete (diagnosi, interventi, ricoveri, ecc.);
- Attuazione di tecniche di clustering per il raggruppamento di ricoveri simili;
- Applicazione di misure di similarità per rilevare diagnosi, interventi, farmaci, ecc., simili;
- Predizione di farmaci da somministrare ai pazienti sulla base della diagnosi principale e secondarie, interventi, sesso, età, ecc.;
- Predire lista di interventi per il paziente a partire da diagnosi e dati principali sul ricovero;
- Predire ferie per i medici basati su stagionalità;
- Risk management: stabilire il quantitativo di farmaci da avere in magazzino sulla base della stagione;
- Applicazione di algoritmi di raccomandazione per rilevare pazienti simili a quello selezionato.



FASE 5- Validazione e sperimentazione sul campo e valorizzazione dell'innovazione

Predizioni

Titolo:

Descrizione:

Diagnosi:

Aggiungi Diagnosi

Inteventi:

Aggiungi Intervento

Richiedi Predizione

L'utente potrà richiedere al sistema un Machine Learning Job, scegliendo se effettuare una predizione o una misura ed inserendo alcune semplici indicazioni.

Misure

Scegli la misura:

✓ Centralità
Clustering

Inserisci il titolo

Inserisci la descrizione

Scegli il nodo:

richiedi misura



UNIVERSITÀ
degli STUDI
di CATANIA

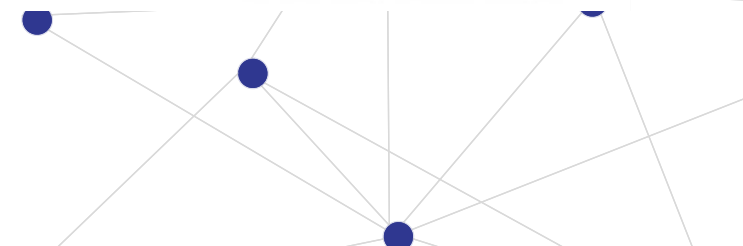
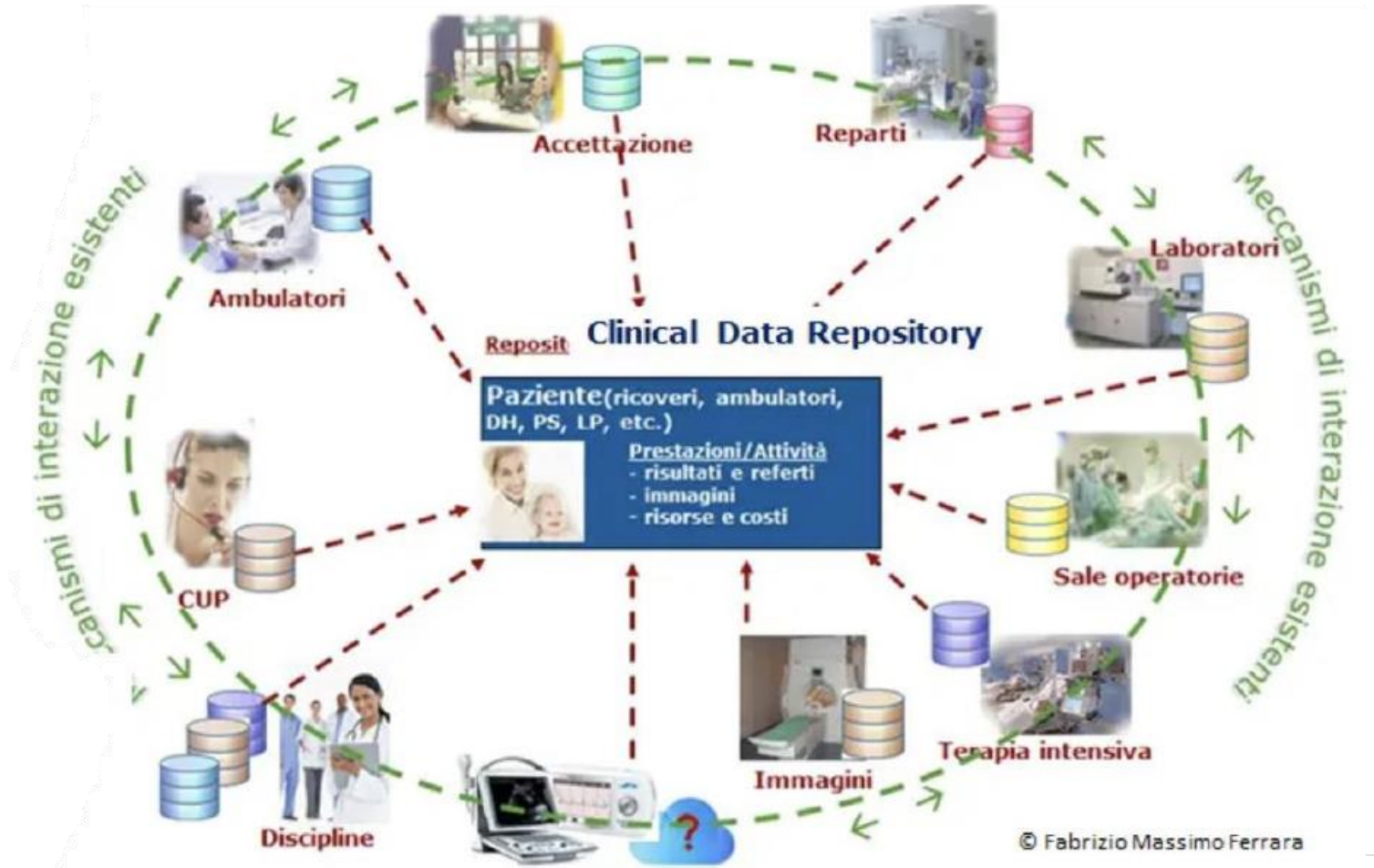


NextraConsulting

FASE 5- Validazione e sperimentazione sul campo e valorizzazione dell'innovazione

Applicazioni Future

La Mission 6 del PNRR (Salute) sottolinea il fondamentale ruolo che possono avere la digitalizzazione e la data analytics per ridefinire la sanità italiana e offrire adeguati servizi per la cura dei pazienti, riducendo le disparità territoriali. Fondamentale in questo percorso risulta il ruolo del **Clinical Data Repository**.



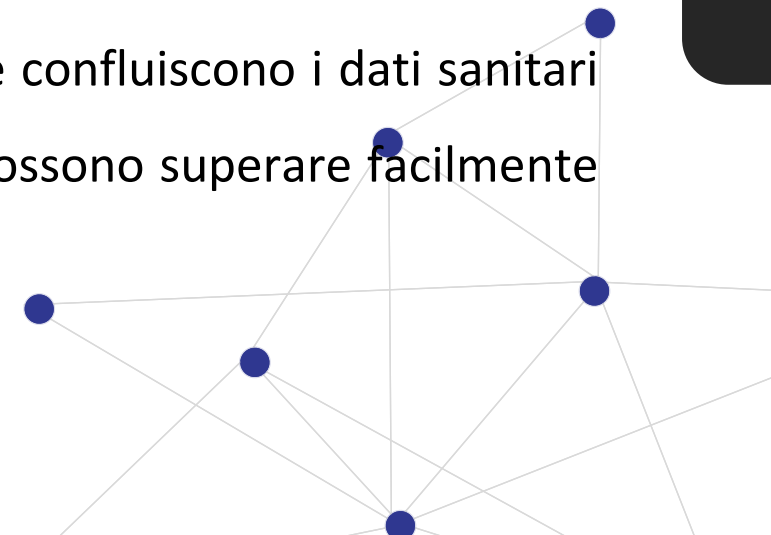
FASE 5- Validazione e sperimentazione sul campo e valorizzazione dell'innovazione

Applicazioni Future

Nel contesto previsto dall'attuazione delle linee guida enunciate nella Missione 6 del PNRR, si annuncia la risoluzione all'ostacolo più impeditivo riscontrato nell'attuazione del progetto DL4Health: la base dati.

I dati clinici dei pazienti recuperati si trovavano frammentati in contesti diversi. Altresì, la presenza di dati non strutturati ha portato ad attività aggiuntive per essere inclusi all'interno del dataset da “dare in pasto” agli algoritmi di machine learning e all'elaboratore di report sviluppati nel progetto.

Trattando con dati elaborati attraverso un Clinical Data Repository, nel quale confluiscono i dati sanitari ed organizzativi prodotti dalle diverse applicazioni nel normale supporto si possono superare facilmente gli ostacoli riscontrati durante il progetto.



UNIVERSITÀ
degli STUDI
di CATANIA

Conclusioni

DL4Health ha consentito di fare gruppo inteso come aziende che operano anche in ambienti diversi che hanno messo le proprie competenze a disposizione per il raggiungimento di un sistema che ha le basi per implementare un prodotto.

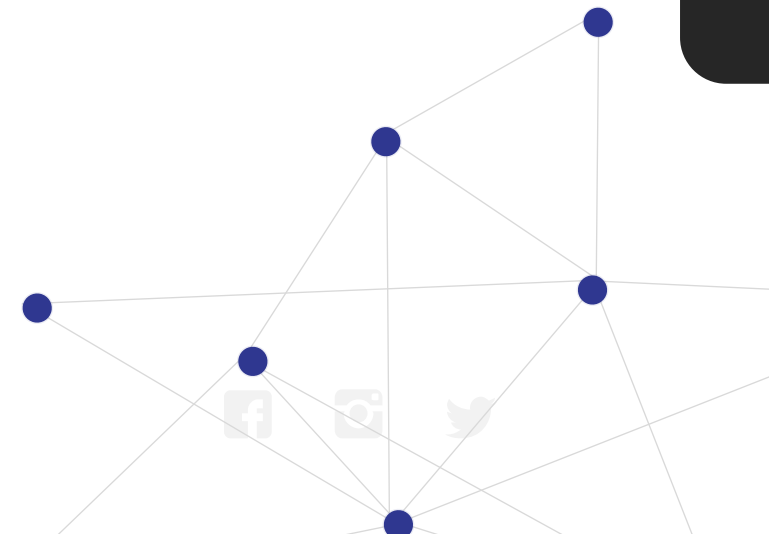
La tecnologia prima ricercata e poi utilizzata ha consentito di partire da una POC sperimentale utilizzando, sperimentandone l'utilizzo, strumenti standard e già collaudati sul mercato, fino ad arrivare ad un prototipo che rende DL4Health uno strumento autonomo e alimentabile di continuo a supporto delle analisi cliniche.

Per questi motivi si ritiene che il TRL5 sia abbondantemente soddisfatto dal sistema completo in ogni sua parte :

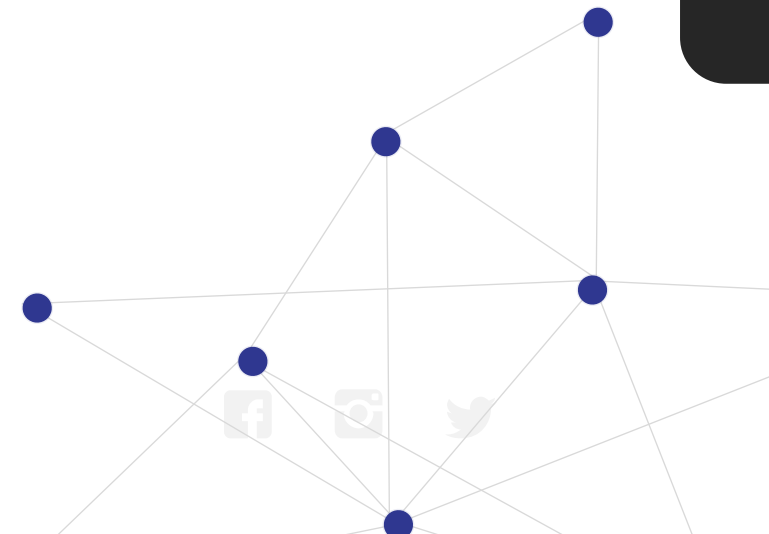
- Account utenti,
- Profili utente
- Importazioni autonome dei dati
- Query statiche
- Query dinamiche
- Dashboard multidimensionali



UNIVERSITÀ
degli STUDI
di CATANIA



Conclusioni



UNIVERSITÀ
degli STUDI
di CATANIA